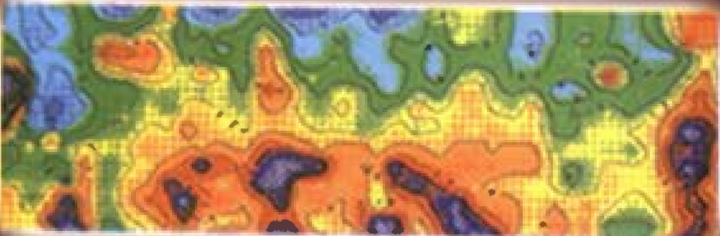
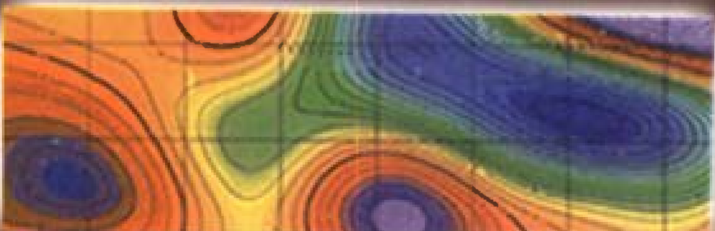
سلسلة تبسيط العلوم

المغناطيسية الأرضية

في خدمة المجتمع





الأستاذ الدكتور

حنفي علي دعبس

يطلب من

دار الروضة للنشر والتوزيع

٢ درب الأتراك خلف الجامع الأزهر ت : ٢٥٠٦٦٨٨٤ - ٠١٢٣٦٠٨٩٩٥

دار الصفا للطبع والنشر والتوزيع

٢١ شارع الدويدار خلف الجامع الأزهر ت : [illegible]

فهرسة أثناء النشر

دعبس ، حنفي علي .

المغناطيسية الأرضية في خدمة المجتمع / تأليف حنفي علي دعبس . ـ القاهرة : دار الصفا ؛ دار الروضة ، ٢٠١٣ .

١٠٨ ص : صور (بعضها ملون) ؛ ٢٤سم . (سلسلة تبسيط العلوم)

تدمك : ٩ ـ ٠١١٤ ـ ٩٠ ـ ٩٧٧ ـ ٩٧٨

١ ـ المغناطيسية .

أ ـ العنوان .

رقم الإيداع ٢٠١٢/١٩٨٤٧

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ هُوَ ٱلَّذِىٓ أَنزَلَ ٱلسَّكِينَةَ فِى قُلُوبِ ٱلْمُؤْمِنِينَ لِيَزْدَادُوٓا۟
إِيمَٰنًا مَّعَ إِيمَٰنِهِمْ ۗ وَلِلَّهِ جُنُودُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلْأَرْضِ ۚ وَكَانَ ٱللَّهُ
عَلِيمًا حَكِيمًا ﴿٤﴾ ﴾ سورة الفتح آية ٤.

صدق الله العظيم

تقديم

تعتبر مصر من أقدم الدول في قياس قيم المجال المغناطيسي الأرضي بدون انقطاع منذ ١٩٠٧ حتى يومنا هذا . بدأت هذه القياسات بالمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بحلوان عام ١٩٠٧ حتى عام ١٩٦٠ ، ونظرًا لكهربة خط قطار حلوان – القاهرة في نهاية عام ١٩٥٥ – أصبحت حلوان منطقة ذات شوشرة ، لذلك أنشئ مرصد المسلات المغناطيسي بمحافظة الفيوم عام ١٩٦٥ طبقًا لتوصيات الجمعية الدولية للمغناطيسية الأرضية والإيرونومي (IAGA) وتمت قياسات دقيقة متزامنة في حلوان والمسلات مما حقق إصدار قيم المغناطيسية بدون انقطاع لمدة قاربت على المائة عام .

ويتمتع المرصد المغناطيسي بمصر بموقع جغرافي فريد في القارة الإفريقية والافريقية والشرق الأوسط ، ويتم تحديث الأجهزة بصفة مستمرة ، ويشترك في المشروعات الدولية مع المراصد المماثلة ، وهو أحد المراصد السباقة في الدخول مع مجموعة مراصد الانترماجنت على المستوى الدولي ، ونظرًا لذلك جذب وما زال يجذب ، العلماء البارزين في مجال المغناطيسية الأرضية لزيارة المعهد وإجراء دراسات علمية مشتركة أمثال سيدني شابمان الانجليزي ، وكارل فينارت الألماني ، ووالسن كامبل الأمريكي وغيرهم كثيرون من جميع القارات .

ويتميز عصرنا الحالي بتطور مهول في التكنولوجيات مما جعل العلماء كل في مجاله أن يبذلوا الجهد في تطويع دراساتهم للتغلب على ما يقابل هذه التكنولوجيات من مشاكل .

ويقدم الأستاذ الدكتور حنفي علي دعبس في هذا الكتيب نبذة عن المجــال المغناطيسي الأرضي وتطويع الدراسات المغناطيسية لخدمة التكنولوجيات سواء في الماضي والحاضر والمستقبل ، والكتيب ليس فقط إضافة لمـا كتـب عـن المغناطيسية الأرضية بل سيضيف معلومات حديثة وقواعد أساسية تفيد القــارئ العادي والباحث والمتخصص .

والله ولي التوفيق .

أ.د. أنس محمد إبراهيم عثمان

شكر

يتقدم المؤلف بخالص الشكر إلى :

السيد الأستاذ الدكتور / عبد الراضي غريب حسانين أستاذ الجيوفيزياء بالمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية على مراجعته الدقيقة والمناقشات التي أدت إلى ظهور هذا الكتاب .

مقدمة

خلق الله سبحانه وتعالى الإنسان في الأرض خليفة ، فضله على سائر المخلوقات بعقل راجح ، يستخدمه في تيسير حياته على هذه الأرض ، والتغلب على الصعاب التي تقابله ، وتطويع ما لديه من ظواهر طبيعية لخدمة وصيانة ما يتوصل إليه من تكنولوجيات يستحدثها .

وسوف نعرض في هذا الكتيب كيفية تطويع المغناطيسية الأرضية لخدمة التكنولوجيات في الماضي والحاضر والمستقبل . وللاستزادة من التطبيقات في الماضي قد يرجع القارئ إلى تاريخ المغناطيسية الأرضية وكتيب النشاط الشمسي وأثره على البيئة الأرضية للمؤلف ، يبدأ الكتيب بموجز عن المغناطيسية الأرضية ثم يعرض التطبيقات الخاصة بموضوعات البيئة الفضائية ، يلي ذلك استعراض التأثيرات الضارة للعواصف المغناطيسية على الأقمار الصناعية وخطوط الأنابيب وشبكات القوى الكهربائية ونظم الاتصالات . وسوف نوضح استخدام المغناطيسية الأرضية في التعرف على التكوينات الأرضية واكتشاف الثروات المختبئة في القشرة الأرضية وتركيب الأرض نفسها .

وربما يعتقد أن أهمية الدور التقليدي للبوصلة الملاحية قد انخفضت بسبب التطور المستمر للنظم الملاحية الحديثة التي تعتمد على الأقمار الصناعية ، ورغم صحة هذا الاعتقاد لحد ما إلا أن هناك تطبيقات حديثة مثل الحفر الموجه للآبار ، بالإضافة إلى الحاجة الملحة للدقة العالية المطلوبة في تصحيح القياسات المغناطيسية الحقلية .

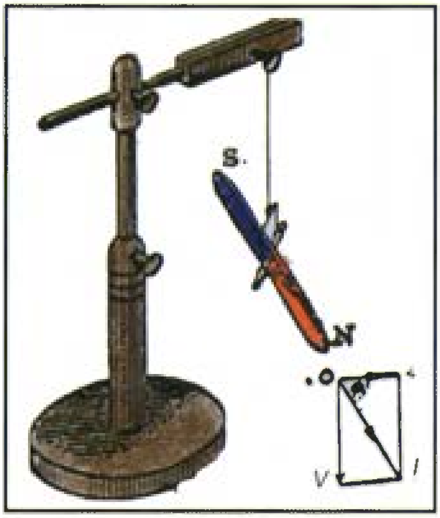
وأخيرًا يوضح الكتيب بعضًا من المجـالات ذات الاهتمامـات المسـتقبلية لا سيما التنبؤ المستقبلي لحالـة المجـال المغناطيسـي الأرضـي ، وارتبـاط المغناطيسية الأرضية بكل من الكائنات الحية ، وبالمناخ على المستوى العـالمي بالقرب من سطح الأرض وكذلك في الفضاء البعيد .

*****

المغناطيسية الأرضية في خدمة البيئة والعلم والمجتمع في الماضي والحاضر والمستقبل

المغناطيس الطبيعي والصناعي :

توجد في الطبيعة أحجار يطلق عليها الأحجار المغناطيسية مكونة من مجموعة معادن معروفة بالماجنتيت (أكاسيد الحديد الممغنطة fe3O4) يسمى هذا الحجر المغناطيسي بالمغناطيس الطبيعي ، حيث يتميز بقدرته على جذب الحديد والصلب ، وإذا علق تعليقاً حرًا من مركز ثقله نجده يميل قليلاً على المستوى الأفقي ، ويأخذ دائمًا اتجاهًا محددًا ينحرف قليلاً عن اتجاه الشمال والجنوب الجغرافيين مهما أزيح عن موضعه (شكل ١)

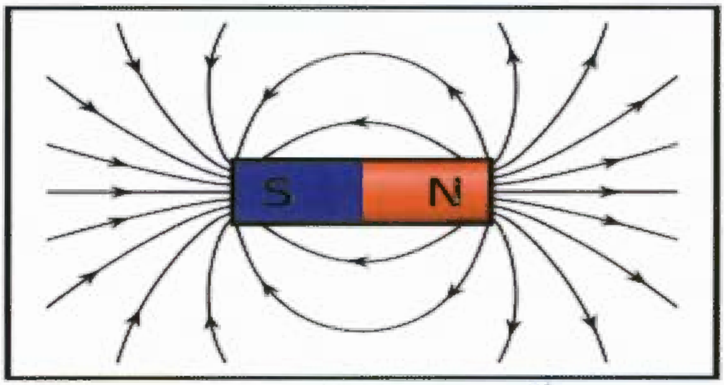


(شكل ١) مغناطيس معلق تعليقاً حراً

يوجد بصفة عامة منطقتان على سطح المغناطيس بالقرب من طرفيه تكون قوة الجذب إليهما أكبر ما يمكن . وللتقريب نعتبر قوة الجذب كما لو كانت تنبعث من نقطتين داخليتين تسميان قطبي المغناطيس ، ويطلق على القطب القريب من الطرف المتجه إلى الشمال الجغرافي بالقطب الشمالي للمغناطيس بينما يسمى الآخر المتجه إلى الجنوب الجغرافي بالقطب الجنوبي للمغناطيس .

وتتنافر الأقطاب المتماثلة وتتجاذب الأقطاب المختلفة . ويلون عادة أقطاب المغناطيس الشمالية باللون الأحمر والأقطاب الجنوبية باللون الأزرق .

ويوصف تأثير المغناطيس في الوسط المحيط به بأن المغناطيس ولد مجالاً مغناطيسيًا . ويميز المجال عند كل نقطة بشدة واتجاه محددين ، يتغيران من نقطة إلى أخرى. وتعرف الشدة المغناطيسية بالقوة المبذولة على قطب معزول ، وتولد وحدة المجال على وحدة القطب وحدة تقاس بالجاوس . ويمثل المجال المغناطيسي بخطوط القوى (شكل ٢) ، وهي خطوط وهمية ترسم في المجال بحيث إذا علق فيه مغناطيس قصير حر التعليق أو ارتكز على سن مدبب (إبرة مغناطيسية) فإنه سيدور حتى يأخذ اتجاه الخطوط . ونعتبر خطوط القوى كما لو كانت تنبع من القطب الشمالي وتتجه ناحية القطب الجنوبي .

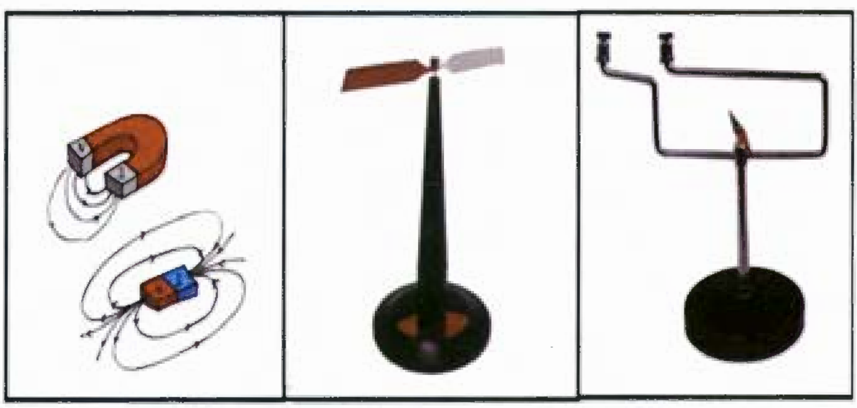


(شكل ٢) خطوط القوى لمغناطيس

من جهة أخرى بالإضافة إلى خواص المغناطيس الفيزيائية المعروفة حاليًا ، فقد أعزى إليه في العصور الوسطى شفاء العديد من الأمراض التي يعزى الآن شفاؤها إلى التأثير الكهربائي مثل وجع الأسنان ، والنقرس ، والاستسقاء ، والنزيف الدموي ، والتشنج ، حتى النزاع بين الرجل وزوجته جاءت ضمن قوى المغناطيس السحرية في تلك العصور .

إذا وضعت قطعة من الحديد بالقرب من مغناطيس ، أو عرضت لمجال مغناطيسي فإنها تتمغنط بالحث المغناطيسي أي تكتسب جميع صفات وخواص المغناطيس . ويصنف الحديد إلى نوعين : الحديد القاسي ويمكن مغنطته بصعوبة ولكنه يحتفظ بمعظم مغناطيسيته ، والحديد الناعم ويمكن مغنطته بسهولة أكبر ولكنه يفقد معظم مغناطيسيته عندما يزول المجال المؤثر .

وهناك عدة طرق لمغنطة الأجسام الحديدية أو الصلب ، تتم إحداها على سبيل المثال بوضع الجسم بين قطبي الكترومغناطيس ، وأخرى شائعة بوضع الجسم في قلب ملف من السلك يمرر فيه تيار كهربي خلال الملف ، وفي بعض الأحيان يمغنط الجسم بدلكه بمغناطيس آخر ، وللمغناطيسيات أشكال مختلفة (شكل ٣) .



(شكل ٣) بعض أشكال المغناطيسيات الشائعة

ويفقد المغناطيس شدته عند تسخينه ، ولكنه يستعيد مغناطيسيته كاملة عندما يبرد إذا لم يكن تسخينه لدرجة عالية ، أما إذا تم التسخين لدرجات عاليـــة فـــإن المغناطيس لن يستعيد شدته كاملة عند التبريد ، وفي حالة تســخين المغنـــاطيس إلى نقطة كوري وهي ٧٥٠ درجة مئوية للحديد فإنه يفقد آية صفة مغناطيسية ، وإذا برد في مجال مغناطيسي جديد فسيمغنط بالتـــأثير وســيحتفظ بمغناطيســية جديدة تتوقف على المجال الجديد .

المجال المغناطيسي الأرضي :

تعمل الأرض على الأجسام القريبة من سطحها كمـــا لـــو كانـــت جســمًا مغناطيسيًا كبيرًا ذو قطبين ، ومولدة مجالاً مغناطيسيًا حولها (شكل ٤) ويمكن تصور هذا المجال كما لو كان ناشئًا عن مغناطيس كبير جدًا عند مركز الأرض يميل بزاوية حوالي ١١ درجة على محور دورانهـــا ، لـــذلك نجـــد أن الإبـــرة المغناطيسية الحرة التعليق من مركز ثقلهـــا تســـتقر بحيـــث يأخـــذ محورهـــا المغناطيسي اتجاه خطوط المجال المغناطيسي الأرضي ، منحرفة بزاوية عـــن اتجاه الشمال الحقيقي تسمى زاوية الانحراف ، ومائلة على الاتجاه الأفقي بزاوية تسمى زاوية الميل ، وتتوقف كل من الزاويتين على المكان ، فإذا أزيحت الإبرة عن وضع اتزانها فإنها تتذبذب بتردد يتناسب تناسبًا عكسيًا مـــع شـــدة المجـــال الأرضي وعليه يمكن حساب شدة المجـــال المغناطيســـي الأرضـــي بواســـطة مغناطيس معاير ، ويعتري المجال تغيرًا في قيمته واتجاهه من مكان إلى آخـــر ومن لحظة إلى أخرى .



(شكل ٤) خطوط المجال المغناطيسي الأرضي بالقرب من سطح الأرض

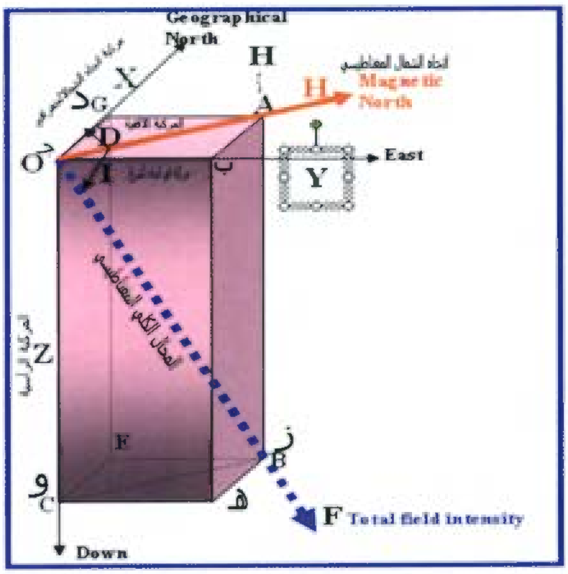
ويتكون المجال المغناطيسي الأرضي من مجموعة مجالات مغناطيسية تنشأ من عدة منابع هي : المجال الأساسي الناشئ من التيارات التي تسري في قلب الأرض ، والمجال الناشئ من القشرة الأرضية الناتج من الصخور المغناطيسية ، والمجالات الخارجية الناشئة من التيارات الكهربية التي تسري في طبقات الأيونوسفير ، وأخيراً المجالات المولدة بسبب التيارات الكهربية المنتجة بالتأثير في القشرة الأرضية والمعطف بسبب تغير المجالات الخارجية مع الزمن . ولكل من هذه المجالات أهمية علمية خاصة ، كما أن العديد من التطبيقات المختلفة لنمو الاقتصاد وخدمته تحتاج إلى عزل هذه المكونات كل على حدة .

ولقياس المغناطيسية الأرضية في أي مكان يلزم تحديد كل من : مستويين هما المستوى الأفقي ، ومستوى الزوال الجغرافي الحقيقي وهو دائرة عظمى رأسية تشمل القطبين الشمالي والجنوبي الجغرافيين ، والسمت الحقيقي وهو الزاوية بين الزوال الحقيقي عند نقطة الرصد والمستوى الرأسي الذي يشتمل على الجسم ونقطة الرصد ، والزوال المغناطيسي وهو المستوى الرأسي الذي يحدد باتجاه خطوط القوى .

عناصر المغناطيسية الأرضية

ذكرنا أن المغناطيس إذا علق تعليقًا حرًا من مركز ثقله عند نقطة (ج) (شكل ٥) فإنه يستقر في وضع مواز لخطوط المجال المغناطيسي الأرضي (ج) منحرفًا قليلاً عن الشمال الجغرافي بزاوية الانحراف (دج أ) وهي الزاوية بين الزوال الجغرافي والزوال المغناطيسي وتعتبر شرقًا أو غربًا إذا كان الشمال المغناطيسي يقع شرق أو غرب الشمال الحقيقي .

كما يميل المغناطيس على المستوى الأفقي (أ ب ج د) بزاوية الميل (أ ج ز) . ويعتبر الميل شمالي أو جنوبي طبقًا لميل قطب المغناطيس الشمالي أو الجنوبي أسفل المستوى الأفقي على الترتيب ، ويعتبر الميل الشمالي موجبًا . ولذلك نقول أن المجال المغناطيسي الأرضي كمية متجهة ، أي لها مقدار واتجاه ، ويحلل المجال إلى مركبتين إحداهما في الاتجاه الرأسي تسمى المركبة الرأسية (ج و) وتعتبر موجبة عندما تكون زاوية الميل موجبة ، والأخرى في



Three elements are enough to determine the field completely since they are interrelated as follows

$X = H \cos D$

$Y = H \sin D$

$Z = F \sin I$

$H = F \cos I$

$H^2 = X^2 + Y^2$

$F^2 = H^2 + Z^2$

$= X^2 + Y^2 + Z^2$

(شكل ٥) عناصر المجال المغناطيسي الأرضي

الاتجاه الأفقي تسمى المركبة الأفقية (ج أ) وتعتبر دائمًا موجبة مثلهـا مثـل المجال نفسه ، كما تحلل المركبة الأفقية أيضًا في اتجاهي الشـمال الجغرافـي (ج د) والشرق الجغرافي (ح ب) . ويطلق على زاوية الانحراف وزاويـة الميل والمركبة الرأسية والمركبة الأفقية ومركبتيها بعناصر المجال المغناطيسي. ويوجد أجهزة مختلفة لقياس هذه المركبات كل على حدة ، أو قياس المجال الكلي حسب نوعية الدراسة المطلوبة (شكل ٦) .

ونظرًا لعدم انتظام المجال المغناطيسي على سطح الأرض ، لذلك يجب أن تتم القياسات في أماكن عديدة للحصول على صورة مرضية لهـذه الظـاهرة . وقد أعطيت أسماء خاصة للأماكن التي يكون فيها المجال المغناطيسي الأرضي أفقيًا بخط الاستواء المغناطيسي ، والتي يكون فيها المجـال رأسـيًا بالأقطـاب المغناطيسية . وخط الاستواء المغناطيسي هو خط وهمي يصل بين النقاط التـي تكون فيها زاوية الميل صفرًا ، أي أن المغناطيس الحر التعليق من مركز ثقلـه سيتخذ وضعًا أفقيًا . ويقع خط الاستواء المغناطيسي جنـوب خـط الاسـتواء الجغرافي في أمريكا الجنوبية وشماله في أفريقيا وآسـيا ومعظـم الباسـفيك ، ووضعه ليس ثابتًا بل يطرأ عليه تغير طفيف . ويميل قطب المغناطيس أسـفل المستوى الأفقي إذا كان شمال خط الاستواء المغناطيسي ، بينما يميـل قطـب المغناطيس الجنوبي أسفل المستوى الأفقي إذا كان جنـوب خـط الاسـتواء . وتزداد قيم زاوية الميل وكذلك المركبة الرأسية كلما بعدنا عن خـط الاسـتواء المغناطيسي .



الجهاز البروتونى الدوار لقياس القوة الكلية



محطة أساسية حقلية لتسجيل التغير النسبى للمركبات المغناطيسية

(شكل ٦ ـ أ) بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية .









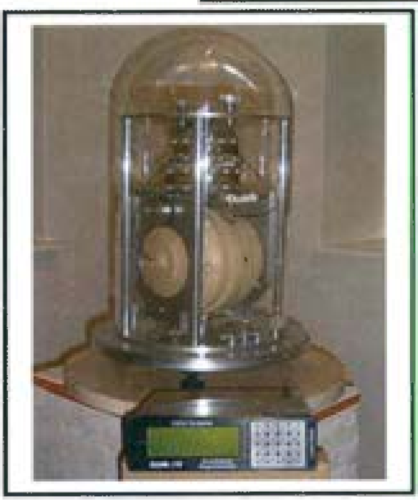
مغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية

(شكل ٦ ـ ب) بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية



مغناطومتر بوابة الفيض الرقمي

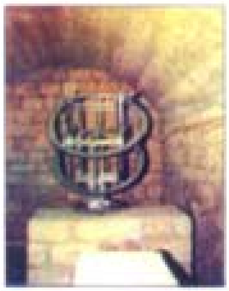






مغناطومتر بوابة الفيض (٣ محاور)

(شكل ٦ . ج) بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية





الجهاز البروتوني المزود بالحاسب

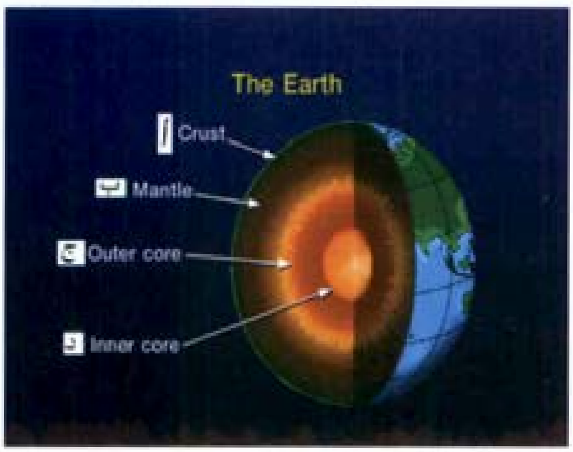
(شكل ٦ - د) بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية

عند قطبي المغناطيسية الأرضية الأساسيين الشمالي والجنوبي تصغر قيمة المركبة الأفقية ، ومن ثم فإن البوصلات لا تصلح لتحديد الاتجاه الصحيح في هذه الأماكن . علمًا بأن قيمة الشدة الكلية عند القطبين تصل إلى ضعف قيمتها عند خط الاستواء المغناطيسي . ولا يقع القطبان المغناطيسيان للأرض على طرفي قطر ، كما لا يقعان على خط موازي لمحور الأرض ، بل يبعد الخط الواصل بينهما حوالي ١١٠٠كم من مركز الكرة الأرضية ، كما يقعان على بعد حوالي ١٥٠٠كم من القطبين الشمالي والجنوبي . وموضعي القطبين غير ثابت ، فهما يدوران بسرعة بطيئة غير ثابتة في عكس اتجاه دوران الأرض ، ويعتقد أن دورتيهما تتم في ٩٦٠سنة ، وإحداثياتهما التي اعتمدت لسنة ١٩٦٠م هي :

	خط العرض	خط الطول
القطب الشمالي المغناطيسي	٧٤,٩ شمالا	١٠١,١ غربًا
القطب الجنوبي المغناطيسي	٧٦,١ جنوبًا	١٤٢,٧ شرقًا

المجال المغناطيسي الأرضي الأساسي وكيفية تولده :

يبين الشكل (٧) أن الكرة الأرضية تتكون من ثلاث طبقات متتالية ذات خواص متباينة من حيث درجات الحرارة والكثافة والجهد الكهربي . هذه الطبقات الثلاث هي القشرة الأرضية ويتراوح عمقها بين ستة كيلومترات أسفل المحيطات إلى ٣٥ كم أسفل القارات تزيد إلى ٧٠كم أسفل سلاسل الجبال ويلي القشرة الأرضية المعطف ويصل عمقه إلى حوالي ٢٩٠٠ ويتكون من البيروديت ومكونات أكثر كثافة منه . ثم القلب ويتكون من حديد ونيكل وينقسم إلى القلب الخارجي منه وهو في حالة سيولة حتى عمق ٥٠٠٠كم ، ثم القلب الداخلي في حالة صلابة وقد يكون متضمناً سائل .



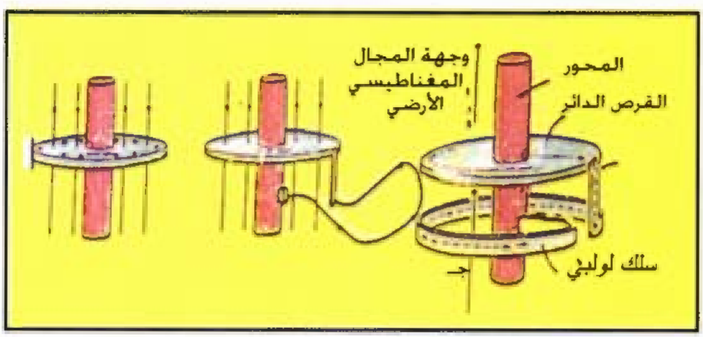
أ ــ القشرة ــ جرانيت (قارات) 25 كم .
ب ــ المعطف ــ بيريدوتيت ومكونات أكثر كثافة 2900 كم .
ج ــ القلب الخارجي ــ حديد سائل 200 كم .
د ــ القلب الداخلي ــ حديد صلب 1370 كم .

(شكل ٧) باطن الأرض

يعزى الجزء الأكبر من المجال الأرضي عند سطح الأرض إلى تيارات كهربائية تنساب في القلب الذي يتصف بقوة توصيل كهربائي عالية لتكوينه المعدني .

وإذا لم يكن هناك أسس للتولد المستمر لهذه التيارات فإنها تضمحل في حوالي ١٥٠٠٠ سنة ، ولكن الشواهد من دراسة المغناطيسية المتبقية

في الصخور توضح وجود المجال المغناطيسي الأرضي منذ مئات ملايين السنين . وتعتبر نظرية الدينامو حيث تستخرج الطاقة من حركة السوائل في القلب الخارجي وتتحول إلى طاقه كهرومغناطيسية هي أوسع النظريات تقبلاً لتولد التيارات ، ويوضح (شكل ٨) أساسيات الدينامو بطريقة مبسطة : حيث يدور القرص الجيد التوصيل في مجال مغناطيسي أولي وتتولد قوة دافعة كهربية قطرية ، ولو وصل سلك بين حافة القرص مع المحور سينساب تيار كهربي ، وإذا لف السلك في الاتجاه المبين بالشكل سيتولد مجال مغناطيسي في نفس الاتجاه المماثل للمجال الأولي ، وبزيادة معدل الدوران نصل إلى نقطة حرجة فتصبح العملية تلقائية ولا تحتاج إلى المجال التأثيري الأولي بعد ذلك . ويلاحظ أن لف السلك في الاتجاه المعاكس يجعل المجال المتولد يعارض المجال الأولي ويتوقف الدينامو عن العمل .



(شكل ٨) أبسط نموزج للدينامو صـه بولار ١٩٥٥

وبالرغم من أن عملية الدينامو التلقائية في كرة من المواد الموصلة بعيدة عن التصور في عدم وجود أسلاك موصلة لتضمن سريان التيارات الكهربائية في الاتجاه الصحيح ، إلا أن النظريات والتجارب المعملية قد أثبتت إمكانياتها .

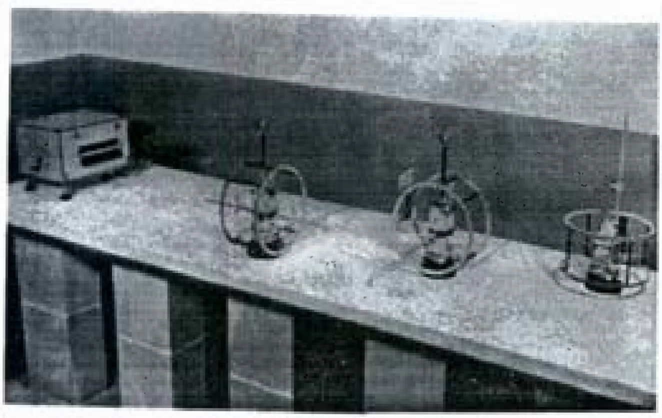
من الخصائص المثيرة لنظرية الدينامو أن نفس حركة القرص ستدعم زيادة المجال المغناطيسي حتى ولو عكس المجال الأولي حيث لا توجد أفضلية اتجـاه للمجال المولد بفعل الدينامو . وقد بينت دراسات " **المغناطيسية القديمة** " أن بعض الصخور قد مغنطت في اتجاه مواز للمجال المغناطيسي الأرضي الحالي في حين أن بعض الصخور الأخرى قد مغنطت في اتجاه معاكس . وعند تحديد أعمار صخور كل نوع ، فإن مطابقتها الزمنية لمدى كل نوعية في القارات المختلفة يبرهن على أن المجال المغناطيسي الأرضي قد انعكس لعدة مرات في الماضي .

وفي الدينامو البسيط فقد اتضح أن المجال المغناطيسي ليس له استقطاب مفضل . ويستغرق الاتجاه المعين مئات قليلة من آلاف السنين ، ويتم انعكاس المجال في آلاف قليلة من السنين . وقد بدأ الانعكاس الأخير منذ حوالي ٧٠٠٠٠٠ سنة وعليه فإننا على وشك انعكاس قريب (جيولوجيًا) في المجال المغناطيسي الأرضي .

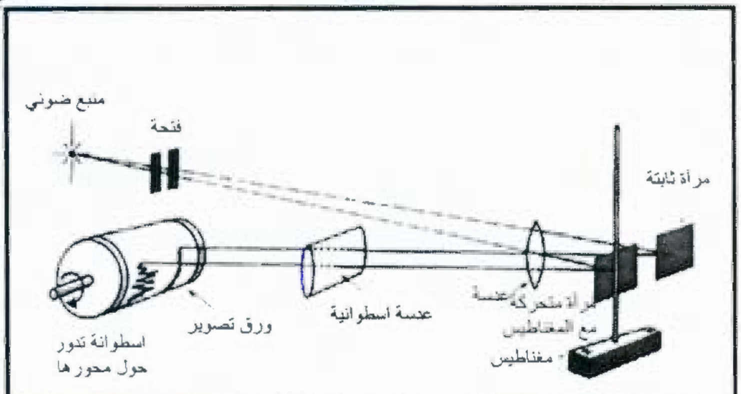
التغير الزمني في المجال المغناطيسي الأرضي :

تتغير قيمة المجال المغناطيسي الأرضي في المكان الواحد من ثانية إلى أخرى . ويصنف هذا التغير طبقًا لمدى حدوثه . فمنه ما يتراوح مداه من جزء من الثانية إلى دقيقة واحدة . ومنه ما يكون مداه من دقيقة إلى ٢٤ ساعة ، وآخر يمتد مداه من يوم واحد إلى سنة كاملة ، وأيضًا ما يكون مداه من سنة إلى مائة سنة ، كذلك ما مداه من مائة سنة حتى ٣٠٠٠سنة ، وأخيرًا ما يكون مداه من ٣٠٠٠ سنة إلى ٢ مليون سنة .

ويتم تسجيل التغير الطارئ على المجال المغناطيسي الأرضي في المراصد المغناطيسية المنتشرة على المستوى العالمي . ومن الأجهزة الكلاسيكية المستخدمة للتسجيل المستمر مجموعة لاكور (شكل ٩أ ، ب) التي تتكون من منبع ضوئي يرسل أشعة ضوئية إلى ثلاث مغناطيسيات ملصق بكل منها مرآة . ويوضع كل مغناطيس بطريقة خاصة لقياس التغير في إحدى مركبات المغناطيسية الأرضية (الأفقية والرأسية وزاوية الانحراف على سبيل المثال) .

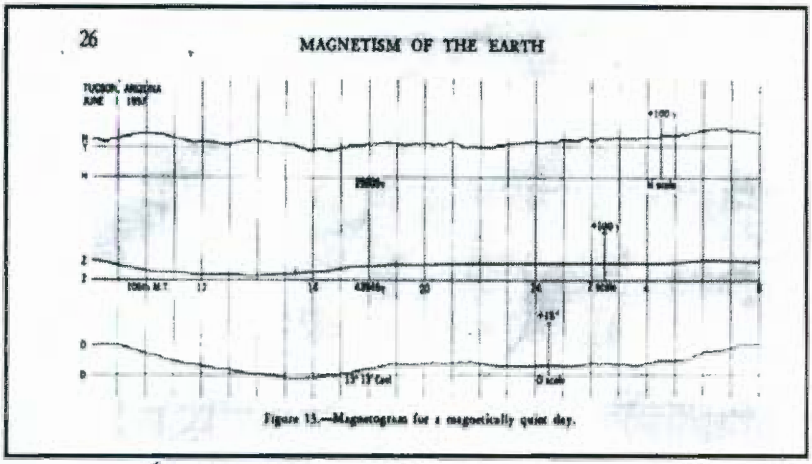


(شكل ٩ - أ) مجموعة مغناطومترات لاكور بمرصد المسلات المغناطيسي

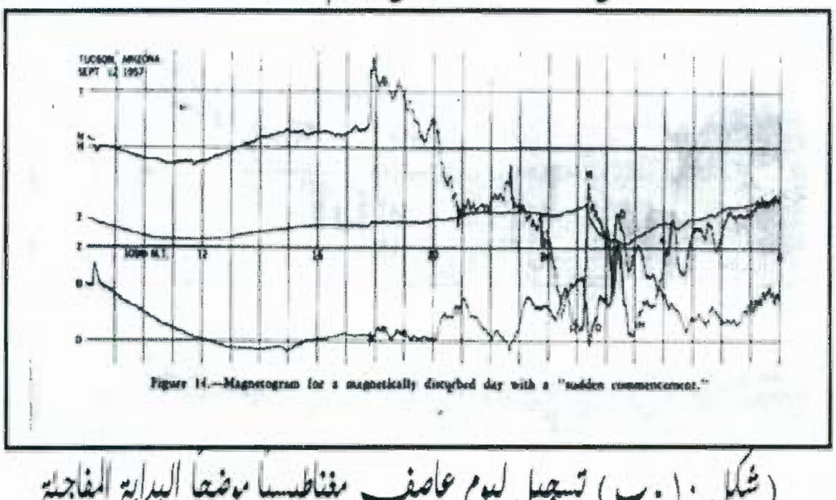


(شكل ٩ - ب) رسم تخطيطي يوضح المغناطومترات ومسار الأشعة الضوئية لقياس التغير اليومي

ينعكس الضوء من مرايا المغناطيسيات إلى ورق حساس ملفوف حول اسطوانة تدور بسرعة معينة مسجلاً حالة المجال حيث يظهر منحنيًا ناعمًا في حالة الهدوء المغناطيسي (شكل ١٠ــ أ) ، ومنحنيًا مضطربًا في حالة العواصف المغناطيسية (شكل ١٠ ــ ب) ، وبمعرفة قيمة المركبة المطلقة في لحظة معينة يمكن معرفة قيمة المجال في كل لحظة ، وقد استبدلت ، حديثًا ، التسجيلات البيانية بتسجيلات رقمية بإدخال خلية ضوئية في مسار الشعاع المنعكس تنتج تيارًا كهربائيًا يتناسب مع كمية الضوء الساقط عليها .



(شكل ١٠ ـ أ) تسجيل ليوم هادئ مغناطيسياً



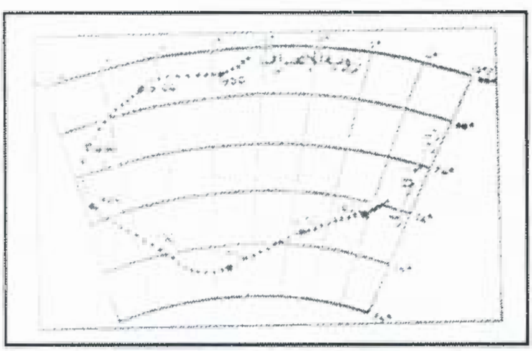
(شكل ١٠ ـ ب) تسجيل ليوم عاصف مغناطيسياً موضحاً البداية المفاجئة

في أثناء هذا التغيير يضاف إلى المجال المغناطيسي الأساسي الناشئ عن التيارات الكهربية التي تسري في قلب الأرض جزء متغير أصغر بكثير في المقدار عن المقدار الأساسي . وسنجمل هنا مظاهر كل من التغيير الحقبي والتغيير اليومي والعواصف المغناطيسية والعواصف الثانوية .

التغيير الحقبي :

التغير الحقبي هو تغير بطيء مع الزمن للمجال المغناطيسي الأرضي ولكنه غير ثابت من سنة إلى أخرى . ومن الأماكن التي تم فيها رصد التغير الحقبي لعدة قرون وجد أن زاوية الانحراف مثلاً قد تغيرت من شرق الشمال الحقيقي إلى غربه ، ثم تراجعت ثانية في اتجاه الشرق .

وعلى سبيل المثال ظلت زاوية الانحراف في لندن (شكل ١١) تتناقص منذ سنة ١٦٠٠م حيث كانت حوالي ١١ درجة شرقًا حتى تطابقت مع الشمال الجغرافي حوالي سنة ١٦٥٧م ، ثم تحولت إلى الغرب حتى أصبحت ٢٤,٥درجة غربًا حوالي سنة ١٨١٩ ، ومنذ ذلك الحين ظلت تتناقص حتى أصبحت ٨,٥ درجة سنة ١٩٨٦ . كذلك نرى أن زاوية الميل ظلت تتزايد منذ سنة ١٦٠٠ حتى سنة ١٧٠٠ تقريبا ،ثم بدأت تتناقص منذ ذلك الحين حتى سنة ١٩٣٥م ، ثم بدأت تتزايد بعد ذلك .



(شكل ١١) *التغير الحقبي في زاويتي الانحراف والميل في لندن .*

التغيير الدوري

هو تذبذب الإبرة المغناطيسية عـن متوسـط وضـعها الأصـلي خـلال اليوم . ويتراوح مدى هذه التغيرات من ثوان قليلـة إلـى حـوالي ١٢ دقيقـة في الأماكن المختلفة . وقيمتها أكبر في خطوط العرض العليا عنه بجوار خـط الاستواء . ويزداد تكرار حدوثها في الصيف عنه في الشتاء في المكان الواحد . وتتميز حركة الإبرة في نصف الكرة الشـمالي باتجاهها نحـو الشـرق فـي الصباح ، وتبلغ أقصى مدى لها حوالي الساعة الثامنة أو التاسعة صباحًا ، ثـم تتحرك ناحية الغرب حيث تبلغ أقصى مدى لها حوالي الساعة الواحدة أو الثانية بعد منتصف الليل ، ثم تتحرك ناحية الشرق لمدة أربع أو خمس ساعات ، ويقل التغير من الفجر حتى الصباح المبكر ، وتنعكس هذه الملامـح فـي النصـف الجنوبي من الكرة الأرضية . ويتضح أن هذا التغير يتوقف على وضع الشمس بالنسبة للأرض خلال اليوم ، ويسمى التغير اليومي الشمسي .

وهناك أيضًا تغير في قيمة المجال المغناطيسي الأرضي يتوقف على وضع القمر بالنسبة للأرض ، ويسمى التغير القمري ، وهو حوالي ٠,١ مـن قيمـة التغير اليومي الشمسي . ويرجع هذا التغير إلى تأثير ظاهرة المد والجزر التـي يولدها القمر على الطبقات العليا المتأينة (الأيونوسفير) فيتولد التغير القمـري اليومي .

الغلاف المغناطيسي الأرضي :

تعتبر الشمس منبعًا لكلا الإشعاعات الكهرومغناطيسية والجسيمية . ويهمنا في دراستنا للمجال المغناطيسي الأرضي الإشعاع الشمسي عند الطول المـوجي الفوق بنفسجي والأشعة السينية ، ذلك لأن غازات الطبقات العليا فـي الغـلاف

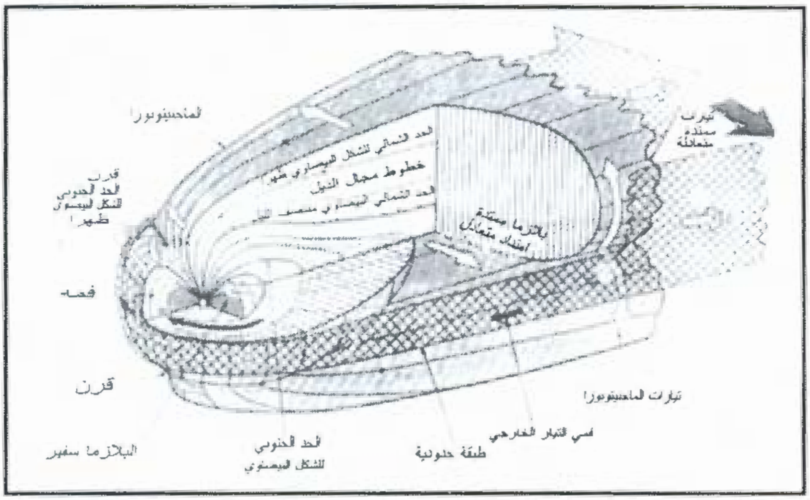
الجوي تمتص الإشعاع عند هذه الأطوال الموجبة وتصبح متأينــة ، وطبقــات الغلاف الجوي التي يحدث بها ذلك التأين تسمى طبقــات الأيونوســفير وتمتــد إلى أعلى ابتداء من ٦٠كم حتى ٢٠٠٠ كيلــو متــر فــوق ســطح الأرض . والتأين يجعل هذه الطبقات موصلات كهربائية . وعليه تصبح قادرة على إعانة التيارات الكهربية التي تنتج المجالات المغناطيسية الإضافية المشاهدة عند سطح الأرض .

كما تشع الشمس بصفة مستمرة بروتونات والكترونــات مكونــة الريــاح الشمسية وتنساب هذه الرياح قطريًا خارجة من سطح الشمس بسرعة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠كم/ ثانية ناقلة معها خطوط المجال المغناطيسي الشمسي ، يطلق على هذا المجال الراسخ في الرياح الشمسية المجال المغناطيسي السياري وتســتغرق الجسيمات في الرياح الشمسية حوالي ثلاثة أيام لتنتقل من الشمس إلى الأرض .

وتمتد الرياح الشمسية إلى مسافات تتراوح بين ٥٠ إلى ١٥٠ قدر المســافة بين الشمس والأرض ، ويرجع هذا الامتداد الكبير نظرًا لأن ضغط وسط ما بين النجوم غير كاف لحصر الجسيمات النشيطة قوية العزم الآتيــة مــن الثقــوب الإكليلية الشمسية . ونطلق على المنطقــة التــي تغلــب فيهــا هــذه الريــاح الهيليوسفير .

ونظرًا لتحرك الأرض حول الشمس في هذه البيئة ذات الرياح الشمســية ، فإن المجال المغناطيسي الأرضي يتفاعل مع الانسياب الشمسي ، حيــث يعمــل هبوب الرياح الشمسية على تغليف وتغيير شكل المجال المغناطيسي الأرضي ، فينحصر المجال في شكل دمعة العين البيضاوية ، وبصفة عامة فإن هذه الرياح

تضغط حيز المجال المغناطيسي الأرضي المواجه للشمس إلى حوالي ١١ قــدر من نصف قطر الكرة الأرضية ، بينما يمتد هذا الحيز إلى ما بعد مــدار القمــر (حوالي ٦٠ قدر نصف الكرة الأرضية) لنصف الكرة الأرضية المظلم ، وهذا الحيز بأكمله هو الغلاف المغناطيسى الأرضى (شكل ١٢)

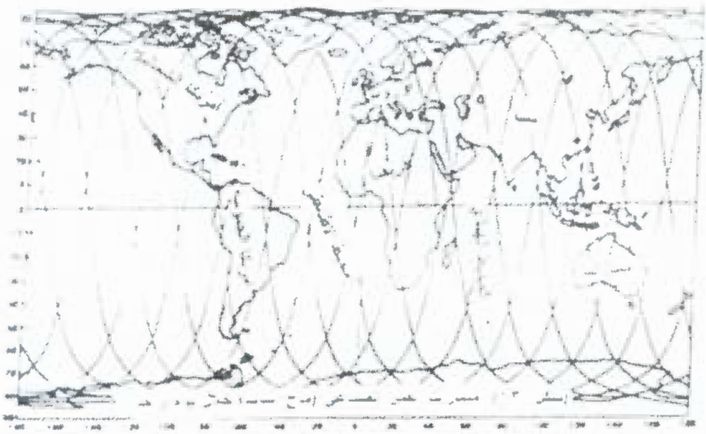


(شكل ١٢) *الغلاف المغناطيسي الأرضي مع أسماء المناطق والتيارات*

وحيث أن شدة المجال المغناطيسي الأرضي تقل مع زيــادة البعــد عــن الأرض فإن المجال يظل محتفظاً بهيئته(التي ذكرت في صــفحة ١٥ شــكل ٤) ممتدة في الفضاء لأضعاف قليلة من نصف الكرة الرضية . وخارج هذه الحدود فإن المجال المغناطيسي الأرضي يعاني باضطراد تشوها في شكله نتيجة تــأثير الرياح الشمسية وتيارات كهربائية ، خاصة المتولــدة بعمليــات الاضــطرابات الملازمة ، وقد بينت دراسة البيانات التي يتم الحصول عليها بواسطة الأقمــار الصناعية أن حيز المجال المغناطيسي الأرضي منطقــة ديناميكيــة وتيــارات ومجالات .

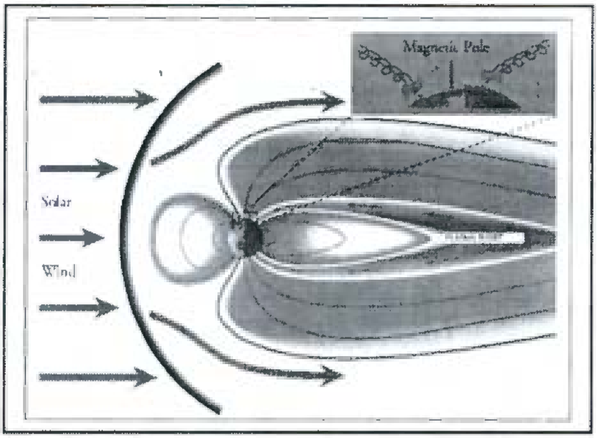
وتجرى دراسة أقصى البيئة الخارجية للكرة الأرضية بواســطة مركبــات الفضاء العديدة التي تعبر هذا الحجم المهول (شكل ١٣) .

وتمتد منطقة الغلاف المنغاطيسي الأرضي إلى أبعد من القمر وتشبه شكل النيازك ، ويتكون الغاز الرقيق في الغلاف المغناطيسي من جسيمات مشحونة كهربائيًا مكونة ما يعرف بالبلازما . ويتاخم المجال المغناطيسي الأرضي الرياح الشمسية ، وهي بلازما متكونة بواسطة التمدد المستمر للإكليل الشمسي إلى داخل الفضاء السياري (ما بين الكواكب) .



(شكل ١٣) مسارات القمر الصناعي (ماج . سات) خلال يوم واحد

ويُرغم عمود الرياح الشمسية المتجه إلى الأرض على أن يبطئ بعضًا من تياراته عند جوانبه مما يخلق صدر صدمة منحنى (شكل ١٤) . ويمتص حوالي ١% من طاقة الرياح الشمسية في الغلاف المغناطيسي الأرضي وتقتنص بعض جسيماتها المشحونة ، وفور اقتناصها تكون معرضة لانحراف يفرضه ميل وانحناء المجال المغناطيسي ، وكذلك المجالات الكهربائية المتخللة ، كما تشتت أيضًا بواسطة الطيف الغني بالموجات الكهرومغناطيسية والكهروستاتيكية والهيدرومغناطيسية التي تحدث تلقائيًا في البلازمات . وفي ظل هذه الأحداث تتسارع الالكترونات والبروتونات لتكون خزانًا لبلازما ساخنة (حوالي ١٠ مليون درجة مطلقة) تعرف بالبلازما الممتدة ، وتكون قلب الغلاف المغناطيسي الأرضي (كما في شكل ١٢) .



(شكل ١٤) منحنى الصدمة لعود من الرياح الشمسية .

وتصل خطوط المجال المغناطيسي المتخللة في البلازما إلى كل من نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي في حزم خطوط العرض المحصورة بين ٦٠ درجة و ٧٥ درجة شمالاً ، و ٦٠ درجة و ٧٥ درجة جنوبًا . وتسبب الجسيمات المشتتة من البلازما الممتدة إلى داخل الغلاف الجوي عند هذه الخطوط الانبعاث المرئي في أعالي الغلاف الجوي للوهج القطبي الشمالي والجنوبي . وخطوط المجال المنبعث من الأرض الأقرب للقطب لا تصل نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي ، ولكنها تمر خلال فصوص بلازما الزيل الرقيقة جدا ، قبل دخول الفراغ السياري . ويحتوي جزء البلازما الممتدة الأقرب إلى الأرض على جسيمات تسارعت حتى طاقات مليون الكترون فولت لتكون أحزمة فان آلان الإشعاعية . وتنحرف جسيمات الحزام الإشعاعي حول الأرض وتولد تيار حلقي ذو ملايين عديدة من الأمبيرات .

وعندما نقترب أكثر من الكرة الأرضية نجد منطقة توريدال من البلازما ــ بلازماسفير ــ وهي امتداد إلى الخارج عند خطوط العرض الوسطى لأعالي الغلاف الجوي المتأين أو الأيونوسفير . ومن المعروف أن الأيونوسفير المتكون بواسطة الإشعاع الشمسي الإلكترومغناطيسي يهب جسيمات ليس فقط إلى

البلازماسفير ولكن أيضًا إلى مناطق أخرى من الغلاف المغناطيسي الأرضي . والعمل يجري الآن لمعاملة الغلاف المغناطيسي الأرضي كمعمل هائل لفيزياء البلازما تتم فيه دراسة الأرصاد السابقة وكذلك محاولة إجراء تجارب فعالة .

العواصف المغناطيسية :

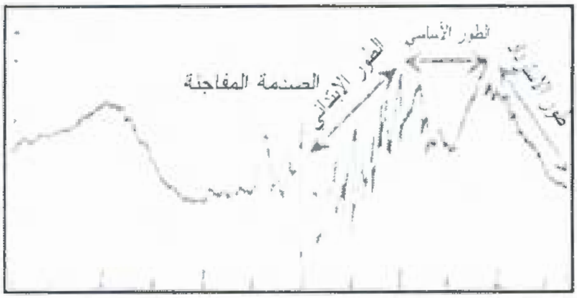
تحرر العمليات الديناميكية على الشمس لاسيما أثناء النشاط الشمسي فيضامن الجسيمات المشحونة (بروتونات وإلكترونات) مع المجالات السيارية تسري بين المجموعة الشمسية فتصل إلى البيئة الأرضية فتسبب اضطرابات في المغناطيسية عند سطح الأرض ، سميت العواصف المغناطيسية .

ونقصد بالنشاط الشمسي وأثره على بيئة الكرة الأرضية وصف التغيرات في الجسيمات النشيطة قوية العزم وكذلك في المجالات الكهرومغناطيسية التي تتأصل عند الشمس وتسافر إلى حيز المجال المغناطيسي الأرضي ، فتسبب تأثيرًا عنيفًا في غلاف الأرض الجوي وكذلك في مجالها المغناطيسي . والنشاط بالمقياس الزمني يأخذ زمنًا قصيرًا في إحساس الإنسان بالأحداث . ويقال أن الشمس في حالة نشاط عندما يكون مقدار تلك التغيرات مقدارًا كبيرًا كبرًا مميزًا بالمقارنة بمعدل السلوك عبر عشرات السنين . ويقال على منطقة معينة أو عملية معينة على الشمس أنها منطقة منبع نشط ، عندما يمكن تتبع جسيم أو اضطرابه في حيز المجال المغناطيسي الأرضي ويكونا مرتبطين بتغير متميز في هذه المنطقة على الشمس .

وتحدث في المجال المغناطيسي الأرضي عند خطوط العرض المتوسطة عاصفة كل سنة حيث تضطرب المركبة الأفقية بقدر يزيد عن ٢٥٠ نانوتسلا ، وحوالي عشرة عواصف كل سنة أعلى من ٥٠ نانوتسلا . ويختلف عدد وشدة

العواصف المغناطيسية مع دورة النشاط الشمسي كل إحدى عشر سنة مع التأخر عنها بسنة أو سنتين تقريبًا .

ويسلك العديد من العواصف المغناطيسية التي تحدث عند خطوط العرض المتوسطة والقليلة مظهرًا عامًا مشابهًا للمركبة الأفقية للمغناطيسية الأرضية (شكل ١٥) ، وقد يحدث أحيانًا غياب هذا المظهر العام .



(شكل ١٥)
تسجيل عاصفة مغناطيسية
(مرصد المسلات يومي ١٥،١٦ يوليو سنة ٢٠٠٠)

تبدأ العاصفة ببداية مفاجئة تحدث غالبًا متزامنة لعدة دقائق في كل مكان على وجه الأرض . والبداية المفاجئة تسببها موجة الصدمة عند الماجنيتوسفير المتكونة نتيجة وصول بلازما الرياح الشمسية السريعة ، مبتدأة العاصفة . وقد يلي البداية المفاجئة زيادة في مركبة المجال المغناطيسي ناحية الشمال كطور ابتدائي ، وهو تأثير تضاغطي قد يستمر لعدة ساعات . وقد يحدث الكثير من العواصف بدون هذا الطور الابتدائي . والمظهر الذي يلي الطور الابتدائي إن وجد ، يسمى الطور الأساسي أو طور النمو ، حيث تقل المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي الأرضي وتتذبذب تذبذبًا شديدًا لمدة أطول وبسعات أكبر عما يحدث في الطور الابتدائي ، وحينئذ يوجد الوهج القطبي وتيارات كهربائية نفاثة قوية . وأخيرًا في طور الاسترداد تتبدد العاصفة تدريجيًا متخذة أطول فترة حيث يعود المجال إلى المستوى العادي في عدة أيام .

وهذا النظام في الطور الأساسي وطور الاسترداد والذي يلاحظ بالمركبة الأفقية (H) عند خطوط العرض المتوسطة والمنخفضة ينتج عن إضافة العديد من المجالات المساهمة في الاضطرابات . وعلى العموم فإن الرياح الشمسية توصل ما يحمله الغلاف المغناطيسي الأرضي ، ثم تتشتت في العمليات المغناطيسية المرتبطة بالعاصفة . وتنقسم طاقة العاصفة بين الداخل إلى أيونوسفير الوهج القطبي ، وخلق تيارات الغلاف المغناطيسي ، وبين عمليات الذيل لهذا الغلاف .

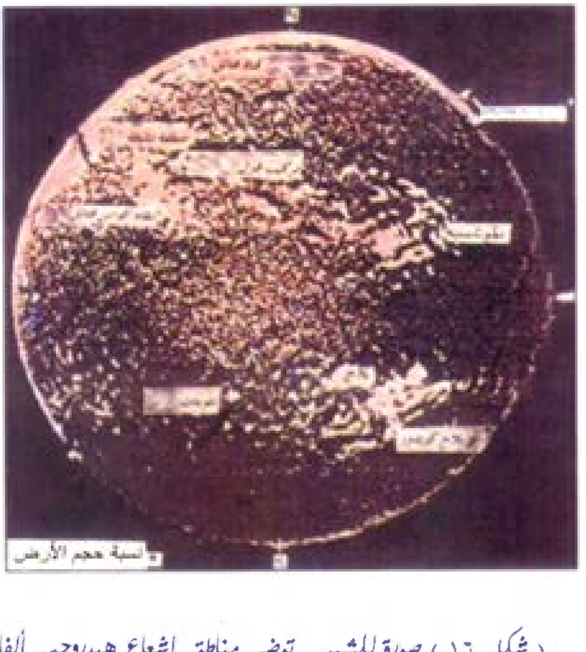
وفي مناسبات نادرة تحدث عواصف شديدة كتغير كبير جدًا في المجال ، ولكن بدون وجود الأطوار المتتابعة بوضوح . ويواكب هذه العواصف تصادم بروتونات القلنسوة القطبية المفرطة الزيادة ، وأيضًا ، بوهج قطبي أحمر التوهج .

وكان يظن ، قبل الاستكشاف المكثف للغلاف المغناطيسي الأرضي بواسطة الأقمار الصناعية، أن الطور الأساسي وطور الاسترداد للعواصف ، أنهما ببساطة نتيجة مباشرة لنمو واضمحلال التيار الحلقي المحيط بالكرة الأرضية . وعلى كل فإنه مفهوم الآن أن العديد من المجالات المضطربة بالإضافة إلى جزء من التيارات الحلقية ، تسهم في القياسات التي تتم في مراصد خطوط العرض المتوسطة والقليلة على سطح الأرض .

****

العواصف المغناطيسية الثانوية :

لقد نشأت فكرة العواصف الثانوية (وتسمى أحياناً عواصف الوهج القطبي الثانوية أو العواصف القطبية الثانوية) من الحاجة إلى ربط أرصاد العاصفة أثناء فترة نشاط انفجارها في أماكنها الأصلية في الشمس (شكل ١٦) ، مع بعضها على مقياس زمني أقصر من الأطوار الأساسية والاستردادية ، وتحدث العواصف الثانوية إذا كانت مركبة المجال المغناطيسي السياري في اتجاه الجنوب كلية سامحة لاتصال خطوط المجال بين الرياح الشمسية ومجال الغلاف المغناطيسي الأرضي المتجه شمالاً ويكون هناك انحناء مميز ناحية الشمال . حينئذ تبدأ سلسلة عواصف ثانوية حيث تدخل الجسيمات الواصلة وتعدل شكل وتركيب الغلاف المغناطيسي الأرضي .



(شكل ١٦) صورة للشمس توضح مناطق إشعاع هيدروجين ألفا

في ٣١يوليو ١٩٨٨

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

﴿ ٱقْرَأْ بِٱسْمِ رَبِّكَ ٱلَّذِى خَلَقَ ﴿١﴾ خَلَقَ ٱلْإِنسَٰنَ مِنْ عَلَقٍ ﴿٢﴾ ٱقْرَأْ
وَرَبُّكَ ٱلْأَكْرَمُ ﴿٣﴾ ٱلَّذِى عَلَّمَ بِٱلْقَلَمِ ﴿٤﴾ عَلَّمَ ٱلْإِنسَٰنَ مَا لَمْ يَعْلَمْ ﴿٥﴾ ﴾

سورة العلق

صدق الله العظيم

التطبيقات المغناطيسية

الآن وقد تعرفنا بصورة مبسطة على المجال المغناطيسي الأرضي ، وأن منبعه الأساسي ينتج من التيارات الكهربية عند قلب الأرض الخارجي ، وأن التغيرات والتقلبات الزمنية التي تطرأ عليه مرتبطة ارتباطًا أساسيًا بالنشاط الشمسي ، من ذلك نرى أن دراسة المغناطيسية الأرضية والتغير الطارئ عليها وتحليل البيانات المغناطيسية (التي يتم الحصول عليها من المراصد الأرضية الثابتة ومن الأجهزة الموضوعة في الأقمار الصناعية) لابد وأن تعطينا صورة واضحة للظروف الكائنة فيما بين قلب الأرض وحتى الشمس مرورًا بالمعطف ، والقشرة الأرضية ، وطبقات الغلاف الجوي بما فيها الطبقات المتأينة ، وحتى حدود الغلاف المغناطيسي الأرضي ، بل وتمتد معلوماتنا حتى مناطق النشاط الشمسي . ومن ثم نتطلع إلى معرفة العديد من الطرق التطبيقية التي تجند فيها المغناطيسية الأرضية لخدمة البيئة ، وتكنولوجيا العصر الحديثة ، والكشف عن باطن الكرة الأرضية ، وما أودعه الله فيها من موارد اقتصادية وخلافه مما يخدم رفاهية البشرية .

عرفنا كذلك أن لكل من التغيرات والتقلبات الزمنية في المجال المغناطيسي الأرضي مدى زمني يختلف من تغير إلى آخر . وتحليل كل من هذه التقلبات يؤدي إلى التعرف على استخدامات متزايدة ، سنتطرق إلى شرحها بالتفصيل فيما بعد ، فعلى سبيل المثال :

أ ــ دراسة التغيرات ذات المدى من ٠,٢٥ ثانية إلى دقيقة تساعد في المقام الأول على استكشاف القشرة الأرضية ، والكشف عن أماكن الشاذات مما

الكهربية ، بالإضافة إلى الكشف عن العمليات التي تجرى في الغلاف المغناطيسي الأرضي .

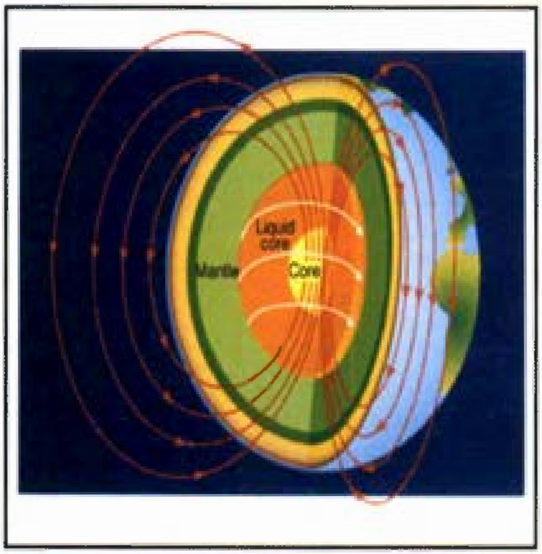
ب ـ ومن تحليل التغيرات ذات المدى من دقيقة إلى ٢٤ ساعة ، نستطيع التعرف على تركيب الغلاف المغناطيسي الأرضي وتشوهه وتياراته ، واتجاه الرياح وسخونة طبقة الثرموسفير (طبقة الغلاف الجوي التي تبدأ من حوالي ٢٠٠ كيلومتر حتى حوالي ٣٥٠ أو ٧٠٠ كيلومتر تبعًا لدورة البقع الشمسية) ، وتيارات الطبقات المتأينة والمد والجذر التي تحدث فيها ، وخصائص التوصيلة الكهربية للطبقة السفلى من القشرة الأرضية والمعطف والحواف المحيطة للقارات . وتؤثر العواصف المغناطيسية في هذا المدى الزمني على النظم المتعددة من عمل الإنسان مثل الأقمار الصناعية ، ونظم الاتصالات ، والشبكات الكهربائية ، وخطوط الأنابيب الممتدة لمسافات كبيرة .

ج ـ ومن المتغيرات ذات المدى من يوم إلى سنة نحصل على معلومات عن حركة السوائل في قلب الأرض ، وكذلك عن الحد الفاصل بين القلب والمعطف ، وعن النشاط الشمسي والتغير في قطاعات الشمس ، والتغير في المناخ بمنطقة التروبوسفير (طبقة الغلاف الجوي الممتدة من سطح الأرض إلى ارتفاع حوالي ١٠ كيلو مترات عند القطبين وحوالي ١٦ كيلومتر فوق خط الاستواء) وعن التشوه في الغلاف المغناطيسي الأرضي . كذلك نحصل على الخرائط الملاحية المغناطيسية من بيانات هذا المدى .

د ـ ومن التقلبات ذات المدى من سنة إلى ١٠٠ سنة تكتشف المغناطيسية الأرضية التغيرات في عزم المجال الثنائي المتولد في القلب الخارجي للأرض

(شكل١٧) والدورة الشمسية والتغير في العلاقات التي ترتبط بالشمس ، والمناخ .

هـ ــ وتزودنا التقلبات من ١٠٠ سنة إلى ٣٠٠٠ سنة بدراسات التأريخ بالطرق المغناطيسية ، كما يزودنا انسياب الحمم ذات العينات المغناطيسية بشواهد تمكنا من معرفة تجوال القطب ، ونماذج انحراف المجال الغير ثنائي للقلب الخارجي ، والتغيرات المناخية التاريخية .

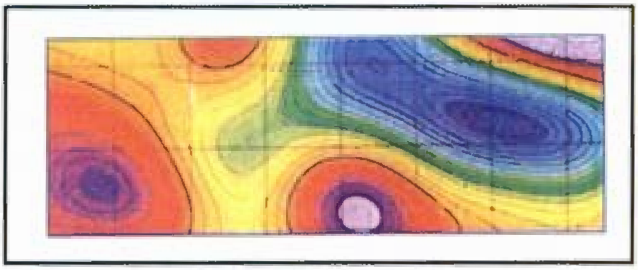


(شكل ١٧) توليد المجال المغناطيسي الأساسي

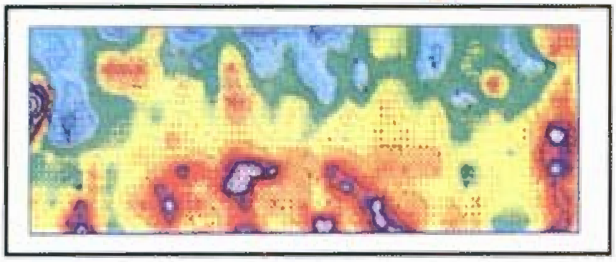
و ــ كما تكشف دراسة التقلبات ذات المدى من ٣٠٠٠ سنة إلى ٢٠٠مليون سنة عن المغناطيسية القديمة وانعكاس المجال المغناطيسي الأساسي في القدم ، وانجراف القارات .

ويجب التنويه عن أن المغناطيسية الأرضية تستخدم على نطاق واسع في التعرف على مكونات الكرة الأرضية ، والكشف عن التراكيب التحت سطحية ، واستكشاف المعادن والبترول والمياه الجوفية في القشرة الأرضية (شكل ١٨ ــ أ ، ١٨ ــ ب) .

ورغم أن الخرائط المغناطيسية الملاحية لا تحظى الآن بنفس الأهمية مثل التطبيقات الأخرى ، إلا أن هذا الاستعمال قد شكل أهمية بالغة للحياة البشرية حيث يرجع الفضل للإبرة المغناطيسية (البوصلة) في اكتشاف القارات .



(شكل ١٨ ـ أ) خريطة مغناطيسية إقليمية



(شكل ١٨ ـ ب) خريطة تواجد اليورانيوم طبقا للخريطة (شكل ١٨ ـ أ)

ومن التطبيقات الحديثة والمستقبلية للمغناطيسية الأرضية التي تحظى باهتمام بالغ التنبؤ عن النشاط المغناطيسي ، والربط بين المجال المغناطيسي والمناخ ، وكذلك تأثير المجال على الأحياء والكائنات العضوية الحية .

وتنبع أهمية دراسة المغناطيسية الأرضية ، والتنبؤ بها من الحاجة الملحة لتجنب الآثار الضارة للعواصف المغناطيسية على الأقمار الصناعية ، وخطوط الأنابيب الممتدة لمسافات كبيرة ، وشبكات القوى الكهربائية ، ونظم الاتصالات المتعددة ، وتعيين الإحداثيات الجغرافية . وتشمل الأجزاء التالية دور المغناطيسية في خدمة هذه التكنولوجيات .

* * * * * * *

تطبيقات المجال المغناطيسي الأرضي في الماضي

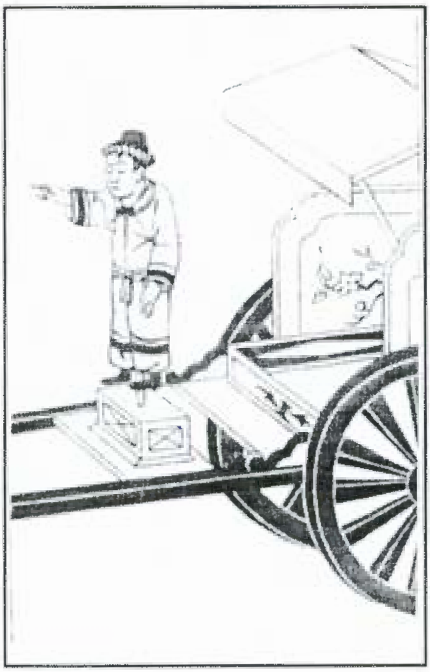
استطاع الجنس البشري ، منذ عصور سحيقة شملت معظم فترات التاريخ المدون ، أن يسوس أمور الملاحة بدون استخدام أجهزة يعول عليها لتحديد الاتجاهات الصحيحة ، حيث كانت هناك أمم منذ فجر التاريخ تميزت بمهارات متصلة بالبحر والملاحة البحرية . كذلك هناك من الأسباب ما يجعلنا نعتقد أن التجار الفينيقيين قد وصلوا إلى السواحل الإنجليزية ، ومن المفروض أنهم استخدموا القناة التي حفرت حوالي عام ١٥٠٠ قبل الميلاد ، فيما بين نهر النيل بمصر والبحر الأحمر والتي استمرت صالحة للملاحة لفترة حوالي ٢٠٠٠ سنة إلا أن تكاليف التجارة عبر البحار في تلك الأيام المبكرة كانت مريعة سواءً في الأرواح أو الأموال .

لم يكن لدى القدماء بوصلات مغناطيسية ، بل كان اعتمادهم في تحديد الاتجاهات متوقفاً على رصد الشمس والنجوم ، يهتدوا بها في البر والبحر ، وعندما تتلبد السماء بالغيوم كانت سلامة السفن في وسط البحار تتوقف فقط على مدى نجاح القبطان في قراءة اتجاه الرياح والأمواج . ولكن كل هذا تغير بدخول البوصلة في أواخر العصور الوسطى ، حيث أصبح لدى البحارة جهاز يبين الاتجاهات يطمئنوا إلى صحتها بغض النظر عن الرياح وحالة السماء .

ولقد عرفت خاصية جذب الصخور المغناطيسية لبعضها وقدرتها على مغنطة الحديد لأكثر من ٢٥٠٠ سنة مضت . أما خاصية أن جزءً من الحجر المغناطيسي يأخذ دائمًا اتجاهًا محددًا إذا علق تعليقًا حرًا لم يعرف زمنها على وجه التحديد . إلا أنه يظن أن هذه الخاصية قد عرفت لأول مرة في الصين (شكل ١٩) ، ويعتقد أن البوصلة قد استعملت في الصين قبل أن تستخدم في أوروبا بحوالي ٨٠٠٠ سنة .

أيضًا لا نعرف متى وأين اكتشف لأول مرة أن البوصلة لا تتجه إلى الشمال الجغرافي بل تنحرف عنه بالزاوية التي عرفت بزاوية الانحراف .

ويعتقد أن كولومبس قد استخدم البوصلة الملاحية في رحلته لكشف أمريكا سنة ١٤٩٢ . وهناك من الشواهد بأنه لم يعبأ بأن زاوية الانحراف تختلف من مكان إلى آخر ، وعلى كل فإن المزاول المصنعة في تلك الأزمنة قد وجهت باستخدام البوصلة ، وحيث أن المزاول قد استعملت على نطاق واسع في العالم فمن الممكن أن نعتقد أن تغير زاوية الانحراف من مكان إلى آخر كان معروفًا في ذلك الوقت .



(شكل ١٩) عجلة حربية تميز الجنوب يعتقد أنها صينية.

(موسوعة يابانية)

ولم تكن من قبيل المصادفة أن عصر الاستكشاف جاء مباشرة بعد انتشار البوصلة وإدخال التحسينات عليها . ولا شك أن عودة كولومبس سالمًا من رحلته الهامة التي بدأ بها عصرًا جديدًا قد أعطت القوة الدافعة لروح جديدة للاستكشافات التي بلغت أوج العلى بعمل خريطة سطح الكرة الأرضية كلها تقريبًا (شكل ٢٠) وقد قام أدموند هالي لأول مرة بعمل مجموعة من القياسات المغناطيسية في المحيط الأطلنطي على ظهر الباخرة بارامور سنة ١٦٩٨ ، ونشر نتائجه كمجموعة خرائط مبينًا عليها خطوط تساوي زاوية الانحراف وهي مماثلة للخرائط الحالية .



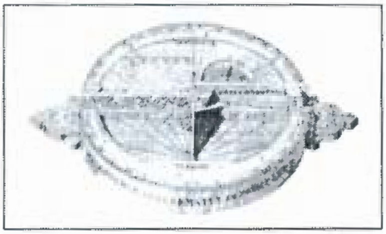
(شكل ٢٠) خريطة أدموند هالي لخطوط تساوي الانحراف
(نشرت عام ١٧٠١)

وبالرغم من مرور قرون عديدة منذ أن حررت البوصلة البحارة من خوفهم المريع من اجتياز المحيطات الغير مطروقة ، فإنها ما زالت تحظى حتى يومنا هذا بمكانة عالية في الملاحة ، وأنها أبسط وأرخص وسيلة لتحديد الاتجاهات سواءً في البر أو البحر أو الجو .

كذلك استخدمت البوصلة في تحديد اتجاهات التيارات البحرية . ونظرًا لاعتماد الملاحة البحرية حتى وقت قريب على المجال المغناطيسي الأرضي في تحديد الاتجاهات ، فقد أضيفت تحسينات متتالية على البوصلة (راجع كتيب تاريخ المغناطيسية للمؤلف) كما تم تجديد انحراف البوصلة عن الشمال الحقيقي في أي نقطة على سطح الأرض ، كل ذلك شجع المسئولين عن أماكن إقلاع وهبوط الطائرات على اتخاذ البوصلة وسيلة لاتخاذ الاحتياطات اللازمة لسلامة حركة الطيران واتخاذ المسارات الصحيحة .

أيضًا كانت البوصلة واحدة من أهم أجهزة المسوحات الأرضية في القرون المبكرة لعصرنا الحديث برغم أنها لم تكن جهازًا دقيقًا ، حيث أننا لا نتوقع دقة عالية في النتائج في المسوحات التي تمت مبكرًا باستخدامها (نظرًا لتغير المجال من وقت لآخر) ، بل يجب استبعاد البوصلة كجهاز مساحي حينما تلزم الظروف لا سيما عند تدقيق خصائص الأماكن التي تمت فيها قياسات أولية سابقة ، أو عندما يتميز المكان باضطراب مغناطيسي محلي . وبالرغم من ذلك فإن للبوصلة ميزة السرعة والبساطة ، بالإضافة إلى كفاءتها في اقتفاء المسوحات السابقة التي تمت في القدم باستخدام البوصلة ، وأيضًا في المسوحات التي لا تتطلب الدقة البالغة كالغابات والصحاري وما شابهها .

كذلك استخدمت البوصلة على مدى واسع في الاستكشـافات الاسـتطلاعية كما استخدمتها كافة جيوش العالم في نفس الغرض (شكل ٢١) .



(شكل ٢١) مزولة مسافر مزودة ببوصلة صنعت حوالي ١٥٤١ وذات علامة تبين الانحراف المغناطيسي (ج . هيلمان)

أيضًا استعمل الجيولوجيون (شكل ٢٢) أجهزة القياس المغناطيسية لتحديد أماكن ترسبات خام الحديد وأكاسيده واقتفاء أثر التكوينات المغناطيسية المترسبة المدفونة تحت السطح والتي تتلازم مع أماكن تواجد البترول والمعادن . وتزداد أهمية هذا التطبيق كلما أوشكت الترسبات على النفاذ في الموقع المستكشف .



(شكل ٢٢) فريق استكشافي جيوفيزيقي متكامل لقياس المجال المغناطيسي الأرضي والتثاقلية الأرضية والكهربية الأرضية والنشاط الزلزالي .

كذلك استخدمت الدراسات المغناطيسية ، لسهولتها وقلة تكلفتها ، في تتبـع الكثير من الظواهر الطبيعة والتغيرات التي تعتريها ، نظرًا لارتبـاط المجـال المغناطيسي والتغير فيه بالسبب الرئيسي في حدوث هذه الظواهر . فمثلاً : منذ اكتشاف الطبقات المتأينة في الغلاف الجوي ، وأن التأين مرتبط بالتغيرات فـي

المجال المغناطيسي الأرضي ، بما في ذلك العواصف المغناطيسية . وأن هذا التأين مرتبط بالاتصالات الراديوية ـ وأن اضطرابه يسبب اضطرابًا في الاتصالات الراديوية ، يتضح لنا مدى الصلة الوثيقة بين المجال المغناطيسي الأرضي والاتصالات الراديوية .

كذلك هناك ارتباط وثيق بين المجال المغناطيسي الأرضي وتيارات كهربية أرضية طبيعية تسري في الأرض تتميز بضآلتها ، ولكن يحدث أحيانًا أن تقوى لدرجة تداخلها مع أسلاك وكابلات الاتصال السلكية حتى مع خطوط نقل القوى الكهربية . وقد وجد أن هذه التيارات مفيدة في دراسة ظواهر القشرة الأرضية حيث يتضح لنا مدى الصلة الوثيقة بين المغناطيسية الأرضية والاتصالات السلكية ، وظواهر القشرة الأرضية .

أيضًا بينت دراسة الإشعاعات القوية الاختراق ، المعروفة باسم الإشعاعات الكونية أنها تتأثر تأثرًا مباشرًا بالمجال المغناطيسي الأرضي والتغيرات الطارئة عليه . وقد عرف أن الأشعة الأقوى اختراقًا الموجودة في الفضاء توجد في أحزمة فان آلان الإشعاعية التي اكتشفت بأجهزة خاصة حملتها الأقمار الصناعية خلال السنة الجيوفيزيقية الدولية للعام ١٩٥٧ ـ ١٩٥٨ وأنها تتكون من الكترونات وبروتونات قوية العزم اقتنصت بفضل المجال المغناطيسي الأرضي .

****

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ فَاتَّقُوا اللَّهَ وَأَطِيعُونِ ﴿١٣١﴾ وَاتَّقُوا الَّذِي أَمَدَّكُم بِمَا تَعْلَمُونَ ﴾

سورة الشعراء ١٣١، ١٣٢

صدق الله العظيم

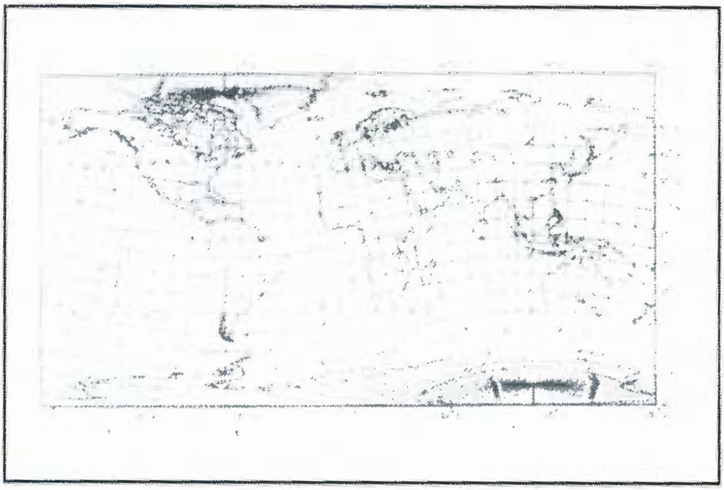
تطبيقات المجال المغناطيسي الأرضي في التقنيات العصرية

فيزياء البيئة الفضائية

عرفنا أن للأرض مجالاً مغناطيسيًا أساسيًا ثنائي القطبين ، ينبع من التيارات الكهربية في سائل القلب الخارجي للأرض تساق بالنمو التثاقلي للقلب الداخلي وينتظم اتجاهها نتيجة لدوران الأرض حول محورها . ويحدد المجال ثنائي القطبين الإحداثيات المغناطيسية عند سطح الأرض .

ويمكن تعيين الإحداثيات الجغرافية بالرجوع إلى الإحداثيات المغناطيسية (شكل ٢٣) مع الأخذ في الاعتبار أن الأقطاب المغناطيسية تنحرف بإحدى عشرة درجة عن الإحداثيات الجغرافية . وتأتي الدقة المطلوبة بالرجوع إلى بيانات المجال المغناطيسي الأرضي وتقلباته المحفوظة بعناية فائقة لسنوات طويلة في المراكز الدولية المتعددة .

قبل إطلاق الأقمار الصناعية ، وتعتمد معلوماتنا الحالية عن بيئة الفضاء حول الأرض على الاكتشافات من الأقمار الصناعية ، ومن تفسير وتأويل التغيرات الطارئة على المجال المغناطيسي الأرضي .



(شكل ٢٣) خطوط الطول والعرض المغناطيسية للحقبة ١٩٩٥ مرسومة على خريطة جغرافية .
(خطوط الطول والعرض مبينة على محاور الخريطة)

كذلك نعلم أن سيطرة المجال المغناطيسي الأرضي على الجزيئـات المشـحونة تصل إلى أبعاد كبيرة في الفضاء ، وأن الغلاف المغناطيسي الأرضي يمتد إلـى مسافات تقدر بأضعاف نصف قطر الكرة الأرضية ، ويأخذ شكلاً استطاليًا يشبه دمعة العين كلما اقتربنا من حافة هـذا الغـلاف ، وأن الريـاح الشمسـية ذات الجزيئات المتأينة وما يلازمها من المجالات المغناطيسية من الشمس تحدد نمط الشكل الخارجي للغلاف المغناطيسي الأرضي .

وقد تم الحصول على المعلومات المبكرة عن هذا السلوك الفضائي بتفسـير وتأويل تسجيلات المراصد المغناطيسية (شكل ٢٤) في أوائل القرن الماضي



مرصد هارتلاند المغناطيسي (انجلترا) (محطة فضائية)



مرصد المسلات المغناطيسي

(شكل ٢٤) بعض المراصد المغناطيسية

* * * * * * *

أعطاب الأقمار الصناعية ومساراتها:

تتحدد أعطال الحاسبات الآلية للأنظمة الفضائية التي تدور حول الأرض بتراكم الأعطاب الإشعاعية على دوائر التشغيل من الجسيمات النشطة في الغلاف المغناطيسي الأرضي . كما أن البطاريات الشمسية التي تزود الأقمار الصناعية بالطاقة تفقد جزءً من المائة في كفاءتها خلال كل عام نتيجة تعرضها للبيئة الشمس – أرضية . كذلك يعمل تيار المجال أثناء العواصف المغناطيسية في خطوط العرض الكبيرة على تسخين الثيرموسفير ، مسببًا تمدده إلى الطبقات الأعلى وتحركه ناحية الاستواء . ويسبب كل من هذه الرياح الثيرموسفيرية وتغير الكثافة تثاقلاً في حركة الأقمار في مساراتها المرسومة لها ، فتقل سرعتها المدارية ، مما يسبب انخفاضها عن مساراتها مؤديًا إلى فقدان مرحلي لتتبعها وأيضًا زمن وجودها في الفضاء .

أيضًا ، في أثناء زمن بعض العواصف المغناطيسية الناتجة عن انطلاق الجزيئات قوية العزم من الشمس ، ونتيجة انضغاط الغلاف المغناطيسي الأرضي بواسطة قوى الرياح الشمسية ترغم حافة الغلاف المغناطيسي على الاتجاه إلى الداخل حيث مواقع الأقمار الصناعية الثابتة على بعد حوالي ٦,٦ قدر نصف قطر الكرة الأرضية من سطح الأرض . وقد وجد أن هذا الانتقال يعاصر العديد من انحراف مسارات الأقمار الصناعية .

ويتم تحديد خطوط الطول الجغرافية للجسيمات التي تسبب الإعطاب في الأقمار بموازنة الأقطاب الجغرافية والاستواء مع الأقطاب المغناطيسية التي تعين بدقة من خرائطنا المغناطيسية . كذلك يتم تحديد خطوط الطول لأوضاع المراكب الفضائية (لتقليل التعرض للجسيمات قليلة العزم) باعتبارات

مغناطيسية باستخدام النماذج المغناطيسية العالمية التي يتم الحصول عليها من تحليل بيانات المراصد المغناطيسية الأرضية .

وقد لخص آلن ولكنسن عام ١٩٩٢ تأثيرات العاصفة المغناطيسية التي حدثت في الفترة من ١٩ إلى ٢١ أكتوبر عام ١٩٨٩ على بعض الأقمار الصناعية الموجودة في الفضاء خلال هذه الفترة . ويبين أن الأقمار (جوس Geos ــ ١ و ــ ٢) قاست شوشرة مثل ما قاسته أقمار المدارات القطبية من إغلاق وحدات حصر الشاذات وانقطاع ما تطلقه من الموجات القصيرة مما تسبب في توقف النظم إلى أن تحسنت الظروف . كذلك حدث خلط في شرائح الذاكرة للأقمار (ت د ر س TDRS ــ ١ و ــ ٢ و ــ ٣) .

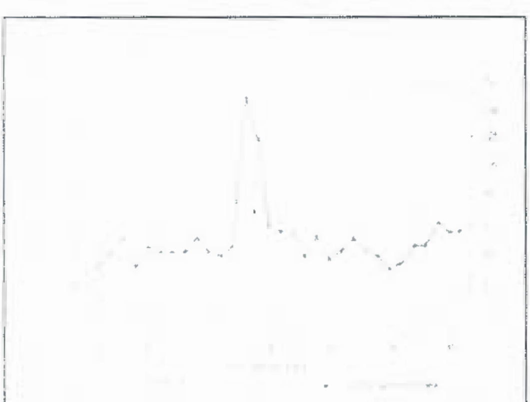
أيضًا أصاب القمر القطبي (يوسات UOSAT ــ ٢) شوشرة لاسيما في منطقة الشذوذ المغناطيسي الممتدة جنوب الأطلنطي . كما قلت كفاءة الأقمار (جوس ــ ٥ و ــ ٦ و ــ ٧) . أيضًا انخفضت كفاءة الأقمار الثابتة التجارية .

كذلك سجل رواد الفضاء بالعبارة الفضائية (أتلانتس) إصابتهم بالتهاب في أعينهم كنتيجة لتخلل بروتونات قوية العزم في الأعصاب البصرية ، وبالرغم من تقهقرهم إلى أعلى أماكن العبارة حماية ، إلا أن الحساسية لم تهدأ إلا بعد انتهاء حدوث البروتونات . وقد لوحظ شفق قطبي أحمر عند خطوط العرض المنخفضة ، على خلاف العادة ، فوق اليابان خلال هذه الأحداث ، كذلك ارتفع الاضطراب المغناطيسي خلال يومي ٢٠و٢١ أكتوبر عام ، وقد تعطلت بعض الأقمار الصناعية تمامًا خلال فترة نشاط الاضطرابات الشمس ــ أرضية ، وكمثال للمشاكل الكبرى للأقمار الثابتة ما سجلته وكالة الدفاع بانجلترا في ٢٠ يناير ١٩٩٤ بأن أقمار الاتصالات (آنك ANIK ــ ١ و٢) قد عانت

من انهيارات كاملة في بعض دوائرها أدت إلى نقصان أعمارها ، وقدرت الخسارة بعشرات الملايين من الدولارات . وقد أعزى العلماء هذه الانهيارات إلى تأثير شحنات كهربائية في دوائر التحكم كنتيجة لانسياب الكترونات عالية الطاقة في الغلاف الجوي المغناطيسي . ويعتقد أن زمن وصول الرياح الشمسية ذات السرعة العالية هو المتحكم في الانسياب المتعاظم نسبيًا في الغلاف الجوي المغناطيسي .

ومن المعتقد حاليا أن العديد من انهيارات دوائر الأقمار الصناعية الكهربية يسببها اضطراب كهربائي دخيل مما يؤدي إلى تفريغ شحناتها . وقد بين العلماء مطابقة هذه الاضطرابات الكهربائية مع الاضطرابات المغناطيسية . وتصنع حاليا أغلفة حماية للأقمار الصناعية ، مرتفعة التكاليف جدًا ، طبقًا للعمر الافتراضي للقمر ، ويقدر ذلك من دراسة دقيقة لاضطرابات الشمس ــ أرضية وما سببته من العواصف المغناطيسية المسجلة بالمراصد المغناطيسية الأرضية منذ فترة طويلة ، والتوقع المستقبلي لهذه الاضطرابات .

ويتغير مدى عرقلة حركة الأقمار مع تغير كثافة الغلاف الجوي الناتج من سخونة الثرموسفير خلال العواصف المغناطيسية .



(شكل ٢٥) مقياس الاضطراب المغناطيسي Ap (الخط المنكسر) وعدد مرات فقدان تتبع مسارات الأقمار الصناعية (الخطوط الرأسية) خلال الفترة من ١ : ٣١ مارس ١٩٨٩

ويبين (شكل ٢٥) عدد مرات فقدان تتبع مسارات الأقمار الصناعية عقب حدوث التقلبات المغناطيسية الأرضية . ويؤدي كل من اضطراب دولاب موازنة الأقمار (الذي يثبت السرعة) نتيجة تأثير الفوتوسفير وتراكم تأثير تثاقل حركة القمر في مساره إلى نقص السرعة وانخفاض المسار في الأيام التي تلي العواصف الثانوية مباشرة . وأخيرًا ينقص الزمن الافتراضي للقمر بسبب استهلاك الوقود في استعادة القمر إلى المسار المرسوم له ، وبالرغم من أن معظم الانحرافات قد تعود إلى الحطام الفضائي ، إلا أن تحديد أماكنها له أهمية بالغة لسلامة جميع سفن الفضاء .

وتتيح نظم التنبؤ بالعواصف المغناطيسية والتحذير منها التوصل إلى وضع نظم وإجراءات لحماية الأقمار الصناعية وتعديل إطلاقها لحين وقت أفضل . وتشمل برامج العبارات الفضائية خططًا لوقف تنفيذ الطيران أثناء العواصف المغناطيسية الكبرى لحماية رواد الفضاء من التعرض للجسيمات النشطة المنطلقة وقت العواصف . كذلك زودت الطائرات الأسرع من الصوت مثل الكونكورد بوسائل لخفض مساراتها في فترات العواصف المغناطيسية . وتعتبر البيانات الآتية المتاحة من مراصد الانترماجنت (مجموعة مراصد على مستوى العالم ذات مواصفات محددة) أهم مصادر نظم التحذير المستخدمة في البيئة الفضائية الصادرة عن مراكز التنبؤ بالعواصف المغناطيسية .

الكهرباء التأثيرية في خطوط الأنابيب الطويلة :

تمتد خطوط أنابيب البترول في ألاسكا وهي مدفونة جزئيًا تحت سطح الأرض لمسافة ٧٦٩ ميل (١٢٨٠ كيلومتر) من حوالي خط العرض المغناطيسي ٦٩ درجة عند المحيط القطبي الشمالي إلى حوالي خط العرض المغناطيسي ٦٢ درجة عند شمال المحيط الباسفيكي ضمن منطقة الوهج القطبي

التي تتميز بالمجال المغناطيسي المفرط والتيارات الأيونوسفيرية النافذة الفائقة الشدة . وتعتبر هذه الأنابيب (من وجهة النظر الكهربائية) موصلاً مدفونا نصفه تقريبًا تحت السطح تقدر مقاومته بحوالي ٤,٨ × ١٠$^{-٦}$ أوم / متر متخذا اتجاهات موازية لخط العرض المغناطيسي ، وهو نفس الاتجاه الذي تفضله التيارات الأيونوسفيرية النفاذة . ونظرًا للتوصيلية الكهربية العالية للأنابيب مقارنة بالأرض (حيث أنها متصلة أيضًا بكابلات من الزنك مدفونة فيها) . فإن تقلبات التيارات الأيونوسفيرية أثناء العواصف المغناطيسية (مفضلة إتجاه شرق – غرب المغناطيسي) تولد تيارات تأثيرية تنساب في خطوط الأنابيب . لذلك حدثت ثقوب صغيرة في السطح العازل الكهربائي عند الوضع الأصلي للأنابيب كنتيجة لسريان التيار التأثيري المتذبذب فيما بين الأنبوبة والأرض في اتجاهه المفضل مسببًا ظاهرة التآكل . وتتوقف ذروة التآكل على كل من تردد وسعة التيار وقت العاصفة ، وطول الجزء المعرض من الأنبوبة له ، والمادة المطمورة فيها الأنبوبة ، وارتباط تردد عملية التآكل . وارتباط تردد التأثيرية المحلية للأرض .

ويبلغ التآكل الناشئ عن تيارات العواصف المغناطيسية أقصاه في الأنابيب الموجودة عند خطوط العرض العالية ، مثل الموجودة في ألاسكا وكندا وسيبيريا ، عندما يتذبذب المجال بزمن دوري من ٥ إلى ٣٠ دقيقة ، وقد تصل التيارات التأثيرية في خطوط الأنابيب إلى ١٠٠٠ أمبير أثناء العواصف المغناطيسية الكبيرة . ويعتقد حاليًا أن هذه الخطوط تتآكل بمعدل أسرع عما كان متوقعًا بسبب عدم الأخذ في الحسبان دور التيارات التأثيرية عند التصميم الأصلي .

كذلك يحدث تآكل الأنابيب الموجودة في جميع خطـوط العـرض بسـبب التيارات الثابتة المتولدة إما من اختلاف جهد الاتصال الكهربي بـين الأجـزاء المدفونة عبر خط الأنابيب أو من التيارات التأثيرية مـن المنشـآت الصـناعية القريبة . وتتم حماية معظم خطوط الأنابيب من هذا التآكل الخطير بتوجيه تيـار كهرباني إلى الأنابيب لجعل جميع المساحات المتعرضة للتآكل سالبة الكهربيـة (مهبط) بالنسبة للأرض . لذلك يجري المهندسون مسـاحات متتاليـة لقيـاس الجهد الكهربي عبر الأنابيب لضبط وسـائل الحمايـة المهبطيـة . وحيـث أن العواصف المغناطيسية تولد في خطوط الأنابيب في جميع أنحاء العالم تيـارات تأثيرية غير دائمة تغير من قيمة الجهد وقتيًا ، لذا وجب على المهندسين إيقـاف قياسات الجهد أثناء العواصف المغناطيسية تجنبًا للحصول على قـيم مرحليـة زائفة لا تعكس حقيقة الوضع الدائم تؤدي إلى تقدير خـاطئ لوسـائل الحمايـة المهبطية مما يؤدي حتمًا إلى زيادة التآكل .

أيضًا يولد كل من مجالات التيارات النفاثة في المواقع القريبة مـن خـط الاستواء نهارًا ، وتعاظم مجالات العواصف المغناطيسية في خطـوط العـرض المغناطيسية الصغيرة ، تيارات قوية تنساب في خطـوط الأنابيـب الموازيـة للتيارات النفاثة . ويسبب تهيج الشدة العالية لهذه المنابع الاستوائية التآكـل فـي أنابيب هذه المناطق ، ومن ثم تحتاج إلى احتياطات أكبر للحماية بطريقة تحقيق سالبية مناطقها . ويتم تعيين مناطق التيارات التأثيرية المفرطـة فـي المنـاطق الاستوائية بعمل مسوحات مغناطيسية أرضية .

وتساعد البيانات المغناطيسية ، من المراصد العالمية ومراكز التنبؤ الخاصة بالبيئة الفضائية على إصدار التحذيرات اللازمة لشركات خطـوط الأنابيـب ، وإعلان مستويات النشاط الحالية والمتوقعة مستقبلاً ، وهي معلومات في غايـة الأهمية لحماية خطوط الأنابيب في هذه المناطق من ظاهرة التآكل .

التيارات التأثيرية في شركات القوى الكهربائية :

تتولد تيارات تأثيرية مخربة ، لاسيما عند خطوط العرض العالية ، تنساب في شبكات القوى الكهربائية أثناء العواصف المغناطيسية حيث يصل مقياس الاضطراب المغناطيسي Kp إلى الرقم ٧ أو أعلى ، (Kp هو مقياس للاضطراب المغناطيسي بأرقام تبدأ من صفر إلى ٩ طبقًا لزيادة شدة الاضطراب ولكل رقم ثلاث درجات تميزه (ـ١ وصفر و ١) .

وتتراوح الأضرار من عرقلة بسيطة في دوائر التوصيل ، تسبب انقطاعًا عابرًا للقوى الكهربائية في المدن ، إلى تدمير ضفاف محولات محطات القوى الباهظة الثمن مما يسبب خسارة اقتصادية فادحة لانقطاع الطاقة الكهربية عن المؤسسات الصناعية وغيرها . وتقع المشاكل عندما تولد العواصف المغناطيسية تيارات تأثيرية في المولدات ثلاثية الطور المتصلة كهربائيًا بخطوط طويلة لنقل التيار . وترتفع درجات الحرارة المدمرة محليًا في الملفات ، وتحمل المكثفات الكهربية فوق طاقتها وتتعرقل عن أداء وظيفتها ، وتفشل الوسائل الوقائية للتيار ، وتنخفض درجة نقل الطاقة أو فقدانها كلية .

وكمثال لما يحدث فقد سببت عاصفة مغناطيسية شديدة في ٤ أغسطس ١٩٧٢ . بلغ المقياس Kp الرقم ٩ ، فشلاً كبيرًا في محول الطاقة ٢٣٠ كيلو فولت لمؤسسة الطاقة الكهروهيدرولوجية الكندية . كذلك سببت العاصفة المغناطيسية الشديدة ، بلغ المقياس Kp الرقم ٩ + ، التي حدثت في ١٣ مارس ١٩٨٩ تذبذبًا كبيرًا في المجال المغناطيسي تركز بالقرب من شرق كندا وشمال شرق الولايات المتحدة مسببًا انقطاع طاقة كيوبك الكهروهيدرلوجية لمدة ٩ ساعات .

كذلك انتابت مجموعة محطات الطاقة التي تخدم كل شمال شرق الولايات المتحدة انهيارات خلال نفس العاصفة التي أصابت كيوبك . هذا بالإضافة إلى ما سببته نفس العاصفة من تدمير محولات المعامل النووية الخاصة بالشركة العامة للخدمات الكهربية والغازية التي تبلغ تكاليف استبدالها حوالي ١٢ مليون دولار . واستبدال الطاقة المفقودة بتكلفة حوالي ٤٠٠٠٠٠ دولار .

ويبدو أن الطاقة التي تقتحم عنوة تتوقف على كل من قربها من مناطق التيارات النفاثة القطبية المتعاظمة ، ونموذج اتصالات نظام شبكة القوى ، وجيولوجية مناطق الصخور البركانية ذات المقاومة العالية (شكل ٢٦) . يولد تقلب المجال المغناطيسي السريع أثناء العواصف المغناطيسية تيارات تدخل إلى الشبكات ، ثم تخرج نظم طاقة تسري خلال اتصال المحولات بالأرض مسببة مستوى تشبع ضار نصف دوري ، يتبع ذلك زيادة درامية في استنفاذ الطاقة الأصلية ، وسخونة محلية مخربة ، ثم نظم انخفاض جهد لا يحتمل ، وينساب تيار غير عادي وتتوالى مراحل الضرر التي تلحق بشبكات القوى .



(شكل ٢٦)
منطقة الوهج القطبي
(اللون البنفسجي)
ومساحات الصخور النارية
(اللون الأحمر)
حيث اقتحم تداخل نظم
القوى في المناطق المكثفة مع
بعضها أثناء العواصف
المغناطيسية

وتتبع مؤسسات وشركات الطاقة الكهربائيـة حاليًا استراتيجية حماية لمواجهة التيارات التأثيرية الناتجة عن العواصف المغناطيسية تعتمد على تاريخ مستويات المجال المغناطيسي الأرضي في الأماكن الخطرة خلال الدورة الشمسية ، وعلى تحذير مناسب عن هجوم عاصفة متوقعة ، وزمن عودة المجال المغناطيسي إلى حالته الطبيعية بعد العاصفة ، ويعتمد تطور التنبؤ بوقوع العواصف أساسًا على التوسع في شبكات بيانات المجال المغناطيسي الآتية على المستوى العالمي ، وكذلك على التحليل الدقيق للتسجيلات القديمة المحفوظة في المراصد المغناطيسية .

نظم الاتصالات :

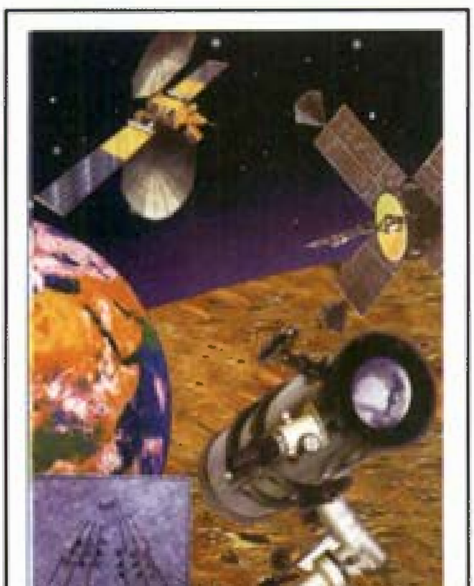
ابتدأ إدراك المشاكل الكبرى التي تصيب نظم الاتصالات منذ العاصفة المغناطيسية الشديدة التي حدثت في بداية سبتمبر عام ١٨٥٩ ، حيث انعدم التحكم في الجهد التأثيري الدخيل على خطوط التلغراف في ذلك الوقت . وتعتمد نظم الاتصالات الحديثة على أقمار الاتصالات ، ووصلات الموجات الراديوية ، والكابلات الممتدة في اليابسة وفي المحيطات ، والخطوط التليفونية واتصالات الموجات الصغرى ، وكابلات الألياف الضوئية . وبالرغم من أن بعض هذه النظم لا تتأثر بالعواصف المغناطيسية ، إلا أن الترابط العالمي بين بعض هذه النظم لتيسير الاتصالات بين الأقطار يمكن أن ينشأ عنه مشاكل في كل مكان في الشبكة .

وقد أسكتت العاصفة الشديدة ، حيث وصل المقياس Kp إلى الرقم ٩ صفر ، التي حدثت في ٢٤ مارس ١٩٤٠ حوالي ٨٠٪ من جميع تليفونات المسافات الطويلة في ميني أبوليس . كذلك ولدت العاصفة المغناطيسية الشديدة ، حيث وصل المقياس Kp الرقم ٩ صفر ، التي حدثت في ١٠ فبراير

عام ١٩٥٨ ، تيارًا تأثيريًا قدره ٢,٧ كيلو فولت تأثيري فـــي الكابــل البحـــري الممتد من نيوفوندلاند إلى اسكوتلاند مما تسبب في تقلب صوت الاتصــــال مـــن صوت خشن عال إلى همسات . كذلك تسببت عاصفة ٤ أغسطس عـــام ١٩٧٢ في كندا والسابق ذكرها في تلف شبكة القوى الكهربية ، وأوقفــت الاتصــــالات بواسطة الكابل المداري بين ولايات أمريكا .

كذلك تعاني إشارات الموجات الراديوية لأقمار الاتصـــالات فـــي خطــوط العرض العالية (شكل ٢٧ــ أ) من انكسار واستدارة مستوى تباين الإشـــارات لارتباطه بالتغير الشديد في محتوى الإلكترونات الكلي عبـــر خطــوط البــث . ويتسبب كل من طور الإشارات وسعة إشعاع الموجات الراديوية أثناء العاصفة في عرقلة الاتصالات عند ٩١٠ هيرتز ، وأيضًا عند التردد العالي .

ويتولد الإشعاع من التشتت الناتج عن عدم انتظام التأين عند الارتفاعـــات التي تزيد عن ٢٠٠ كيلومتر أثناء العواصف المغناطيسية كنتيجـــة لاضـــطراب الأيونوسفير .



(شكل ٢٧ـ أ)
بعـــــض أقـــــار الاتصـــــالات في خطوط العرض العالية .

مما سبق نرى أن نماذج استقبال إشارات الموجات الراديوية المعمول بها والتي تنعكس على طبقات الأيونوسفير لا تصلح اثناء العواصف المغناطيسية لا سيما عند مناطق القطبين والوهج القطبي لتعاظم التوصيلة الكهربية لطبقات الأيونوسفير أثناء هذه العواصف .

كذلك تسبب العواصف المغناطيسية تغيير الأطوار في تردد موجات النظم الملاحية الصغيرة جدًا عند خطوط العرض المنخفضة ، وكذلك خطوط الاتصالات عن طريق الموجات القصيرة ، وأيضًا تعديلاً كبيرًا في تردد الموجات المستعملة .

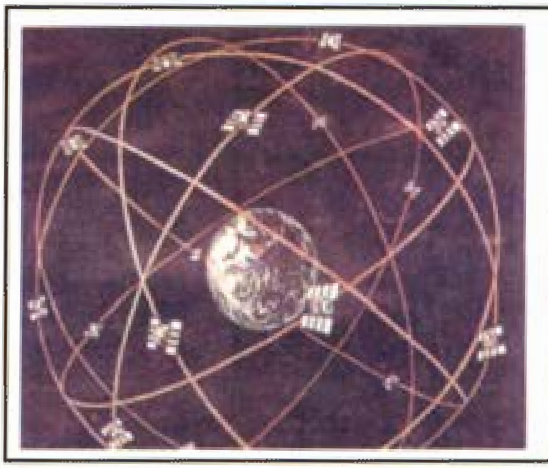
وتوظف مقاييس اضطراب المجال المغناطيسي الأرضي في تعديل النماذج الأيونوسفيرية العالمية للتنبؤ بظروف البث ، ولكن يصعب أثناء العواصف التنبؤ بالطبقة F وقت اضطرابها وكذلك المحتوى الإلكتروني الكلي باستخدام نماذج الأيونوسفير الحالية ، ففي بعض الأحيان تعلو درجة التأين أثناء ساعات الصباح ، ثم انخفاض شديد في الساعات المتأخرة بعد الظهر .

ولبعض المراسلين الإذاعيين المرونة في اختيار الترددات الإذاعية ، يتم اختيارها اعتمادًا على قيم مقياس آخر لاضطراب المجال المغناطيسي الأرضي (A_p) الذي يتم حسابه من تسجيلات المغناطيسية الأرضية ، وتنشره مراكز التنبؤ . وبالإضافة إلى المذيعين الحكوميين والصناعيين هناك أكثر من مليون هاوٍ لصناعة أجهزة الراديو يستخدمون في هذا الصدد التنبؤ الحالي والمستقبلي للمغناطيسية الأرضية .

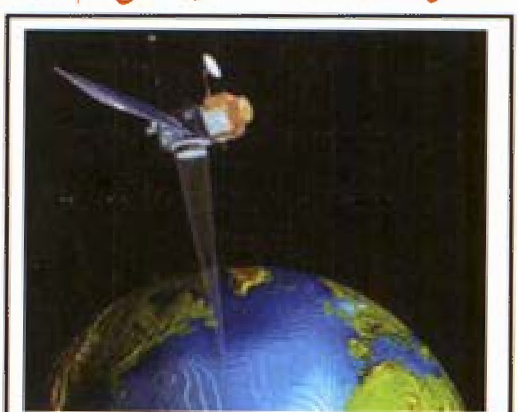
****

النظام العالمي لتحديد المواقع GPS

ابتدأ النظام العالمي لتحديد المواقع عام ١٩٩٠ ، وانتشر سريعًا وأصبح الآن متاحًا للاستخدام على المستوى العمومي . ويعتمد النظام على تعيين المهلة الزمنية لاستقبال انعكاس إشارات موجات راديوية تبث بالقرب من $١,٥٧٥ \times ١٠^{٣}$ و $١,٢٢٧ \times ١٠^{٣}$ ميجا هيرتز من أربعة وعشرين قمرًا صناعيًا ، تدور في ستة مدارات (تقريبًا دائرية) منفصلة ذات ميل ٥٥ درجة وعلى ارتفاع حوالي ٢٠٢٠٠ كيلو متر (شكل ٢٧ــ ب و٢٧ــ ج)



(شكل ٢٧. ب) كوكبة أقمار لتعيين المواقع نظم GPS



(شكل ٢٧. ج) أول قمر تطلقه وكالة الفضاء الأوروبية للاستشعار عن بعد

وبحيث يصل البث من أربعة أقمار على الأقل إلى أي نقطة بالقرب من سطح الأرض . والإشارات التي يتلقاها المستعمل معالجة أوتوماتيكيًا لتحديد خطي الطول والعرض ، وكذلك ارتفاع نقطة الرصد عن سطح البحر . وبتشغيل ساعة القمر تقل دقة تحديد الموقع للمستعملين ماعدا المرخص لهم من مصلحة الدفاع الأمريكية التي أنشأت النظام وتقوم على صيانته . ولهؤلاء المشتركين يتوقع دقة الموقع المطلقة أن تكون في حدود ثمانية أمتار ، ودقة الموقع النسبي (بين موقعين) في حدود ثلاثة أمتار . أما بالنسبة لبقية المستعملين (لا حصر لهم) أغلبهم ملاحي السفن والطائرات تكون الدقة ٥٠ متر للموقع المطلق ، وخمسة أمتار بين موقعين . ويجرى العمل الآن لتطبيق النظام لمراقبة مواصلات الطيران التجاري .

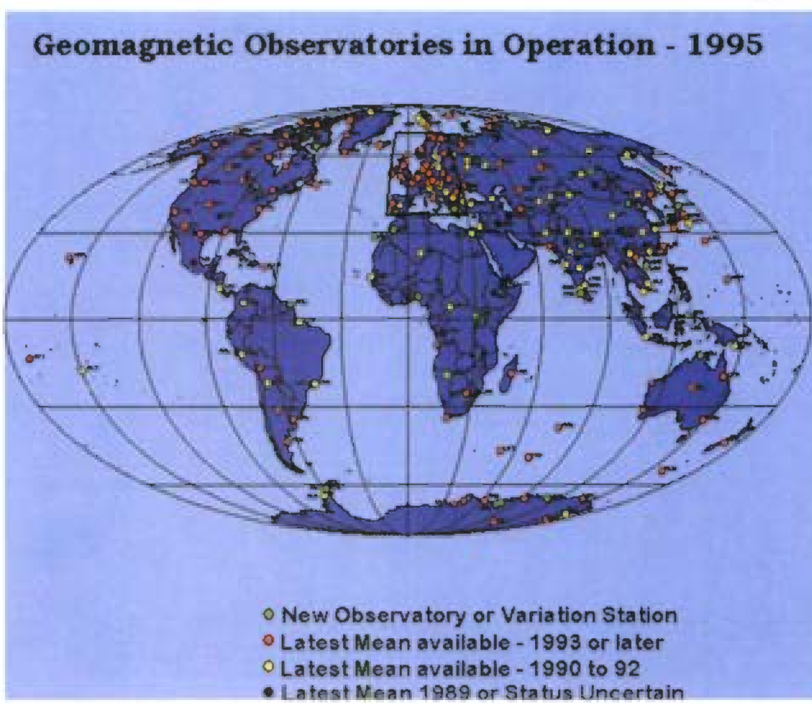
يتولد شذوذ وعدم انتظام مهلة البث الآتية من الأقمار كنتيجة للاضطرابات المحلية في الأيونوسفير أثناء العواصف المغناطيسية . ويتناسب هذا الشذوذ تقريبًا مع المحتوى الكلي لإلكترونات الأيونوسفير عبر مسار البث ، كما يتناسب عكسيًا مع مربع تردد حامل الإشارة . وبالرغم أن استعمال التردد المزدوج في الاتصالات تقلل كثيرًا من حساسية النظام العالمي لتحديد المواقع بالنسبة لتغير كثافة الإلكترونات ، إلا أن إدراك تحديد الموقع يكون فقط بين موقعين متقاربين جدًا . ويؤدي شذوذ مهلات البث أثناء العواصف المغناطيسية إلى أخطاء في تحديد المواقع قد تصل إلى عشرات عديدة من الأمتار .

وتقوم مراكز التحذير بإعلان إشعارات عن العواصف المغناطيسية مستخدمة في ذلك البيانات الآتية المغناطيسية من المراصد المغناطيسية ،

وتحذر المشتركين من استعمال الأجهزة في الفترات الزمنية التي تكون القراءات أثناءها غير حقيقية . كما يستخدم واضعوا نظم طبقات الأيونوسفير مقاييس النشاط المغناطيسي في التنبؤ باستجابة التغيرات الأيونوسفيرية في حساب مهلات البث . وقد يحدث فقدان كامل لإشارات النظام أثناء اضطراب طبقة الأيونوسفير F .

شكل وسرعة سريان السائل عند سطح القلب الخارجي :

تعتبر المراصد المغناطيسية (شكل ٢٨) هي الأساس في قياس التغير الحقبي حيث أنه عدد ضئيل من النانوتسلا (وحدة قياس المغناطيسية الأرضية) . وتقدر قيمته في كل مرصد من حساب فروق المتوسطات السنوية لكل عنصر .



(شكل ٢٨) خريطة تبين شبكة المراصد العالمية

وترجع أهمية المراصد في تعيين التغير الحقبي لقدرتها على تـوفير قـيم المجال المغناطيسي الأرضي للسنوات المتعاقبة في مكان ثابت . وجدير بالذكر أن التغير في قيم المجال المغناطيسي إذا تغير موقع الأرصاد عشرات قليلة من الأمتار يفوق قيمة التغير الحقبي في سنة .

ويمكننا أن نتفهم التغير الحقبي على الأقل وصفيا في ضوء أفكـار توليـد المجال الأساسي في القلب السائل ، حيث يعمل الدينامو بسـبب قدرتـه علـى استخراج الطاقة من حركات السائل . وحيث أن السائل المعدني موصـل جيـد للكهرباء فإنه يسحب خطوط القوى المغناطيسية في تحركه ، وهذا يسبب في أن تتحرك خطوط المجال الموجودة خارج القلب ، مغيرة قيمة المجال المغناطيسي المقاسة عند نقطة على سطح الأرض مما ينتج عنه التغير الحقبي .

وعلى العكس فإنه بقياس المجال الأساسي وتغيـره الحقبـي عنـد سـطح الأرض فإننا نستطيع استنتاج شكل وسرعة سريان السائل عند سـطح القلـب . وليس هناك حلاً وحيدًا ، ولكن بوضع بعض الافتراضات يمكننا أن نقترب مـن الحل الصحيح ، على سبيل المثال فرض أن السريان ثابت . وتعتبـر دراسـة تحركات السائل في القلب إحدى المجالات التي تجرى فيها الدراسات حـديثًا . وتعتبر بيانات المراصد الدقيقة لازمة في تطور النظرية .

ومن نتائج الدراسات على التحركات في القلب أن سرعة السـائل حـوالي ١٠كم / سنة .

تحديد نصف قطر القلب :

ذكرنا سابقًا أن سائل القلب موصل كهربي ، وعليه فإنه سـيميل لسـحب خطوط القوى المغناطيسية معه أثناء تحركه . وإذا كان التوصيل الكهربي عـال لدرجة أن نعتبر السائل ــ على مدى فترة زمنية لعدة سنوات قليلة ــ موصـل

كامل ، حينئذ لا تستطيع خطوط المجال أن تتحرك بالنسبة للسائل ، وهذا هو مفهوم الفيض المتجمد ، أي أن خطوط المجال التي تمر خلال عنصر محدد من القلب ترتبط وتحمل بهذا العنصر . ومن ثم فإن الفيض الكلي (ف) خلال سطح القلب تكون (ف = ج.△س) حيث "ج " هي المجال المغناطيسي و "س" تمثل سطح القلب وهو مقدار ثابت ، وطبعًا ليس هذا هو الحال للأسطح الكروية الأخرى البعيدة عن سطح القلب كسطح الأرض مثلاً .

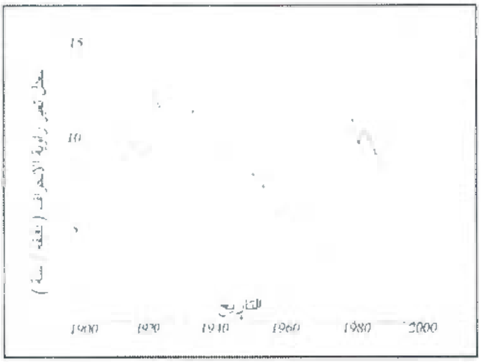
من الخصائص الهامة للنماذج الرياضية التوافقية للمجال المغناطيسي الأرضي أنه يمكن بواسطتها الحشو في النموذج الأصلي إلى أعلى وإلى أسفل ، أي إعطاء صورة للمجال أعلى أو أسفل مستوى القياس . وبهذه الخاصية يمكننا تقدير قيمة المجال المغناطيسي عند سطح القلب . باستخدام نماذج رياضية لسنين متعددة وحساب قيمة " ف " على مسافات مختلفة من مركز الكرة الأرضية ، فإنه يمكن الحصول على نصف القطر التي تثبت عنده قيمة " ف " هذه ، وقد تم ذلك ووجد أن عمق الحد الفاصل بين القلب والمعطف المستنتجة بهذه الوسيلة تنطبق مع القياسات السيسمولوجية ، وعليه فإن نصف قطر القلب يمكن قياسه من قراءات المجال المغناطيسي عند سطح الأرض . وهذه دراسة علمية هامة ومميزة .

التوصيلية الكهربية للمعطف :

يوضح (شكل ٢٩) التغير الحقبي في زاوية الانحراف بمرصد اسكدلامير بالمملكة المتحدة . ويلاحظ تغير مفاجئ في ميل المنحنى حوالي سنة ١٩٧٠م وأطلق عليه " جيرك " ويعتقد أن هذه الظاهرة إحدى ظواهر مجال القلب . ومن المدهش أن يلاحظ هذا التغير الحاد عند سطح الأرض . كان يعتقد سابقًا

أن الطبقة السفلى من المعطف تتميز بقوة توصيل كهربائية مميزة وعليه كان من المعتقد أن التغيرات السريعة في المجال المغناطيسي عند سطح القلب تنعم عندما تصل إلى سطح الأرض .

وعليه فقد أصبح من التفسيرات الممكنة (للجرك) ــ من الاستنتاجات المغناطيسية ــ أن قوة التوصيل للمعطف أقل مما كان يعتقد . ولهذا توجد عواقب هامة للقوى الكهرومغناطيسية الرابطة للقلب والمعطف والتي تؤثر على طول اليوم .



(شكل ٢٩)
(جيرك ١٩٧٠) مبيناً عن معدل التغير السنوي في مرصد اسكدلاير البريطاني

الخرائط المغناطيسية والعيارية :

نستقي معلوماتنا عن المجال المغناطيسي الأرضي مباشرة من قياس عناصر المغناطيسية الأرضية في الأماكن المختلفة (شكل ٣٠) ، ثم توقع قيم كل عنصر على خريطة مساحية وتوصل خطوط بين القيم المتساوية لهذا العنصر وعليه فإننا نحصل على ستة خرائط للعناصر المختلفة بالإضافة إلى خريطة الشدة الكلية للمجال المغناطيسي الأرضي . وحيث أن شدة واتجاه المجال المغناطيسي الأرضي يعتريها تغيرًا من سنة إلى أخرى ، فلابد من أن تجهز هذه الخرائط لحقب محددة . وقد اتفق أن تجهز خرائط تساوي الانحراف

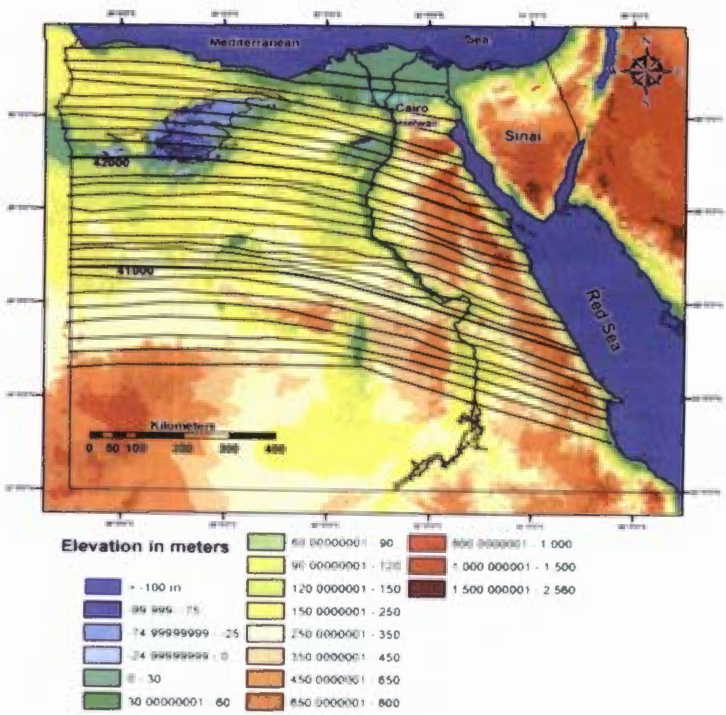
كل خمس سنوات لحقب تبدأ بصفر أو بالرقم ٥ في حين أن تجهز بقية الخرائط كل عشر سنوات .



(شكل ٣٠)
بعض أماكن محطات أرصاد مغناطيسية حقلية محددة المعالم والمواقع بدقة عالية لتكرار أخذ الأرصاد بها كل خمس سنوات لحساب التغير السنوي في المغناطيسية الأرضية في مصر .

ويتم إدخال قيم الأرصاد الحقلية في معادلات رياضية تتوقف على خطوط الطول والعرض لاستنتاج قيم المغناطيسية الأرضية ومركباتها كما لو كانت نتيجة للتيارات المتولدة في باطن الأرض بغض النظر عن أي مؤثرات خارجية ثم تستنتج معادلات جديدة ونماذج رياضية تعطي قيمة المجال المعياري ومن هذه المعادلات يتم رسم خرائط جديدة تسمى في هذه الحالة الخرائط العيارية . وتنشر الدول خرائط عيارية خاصة بها محليًا (شكل ٣١) .

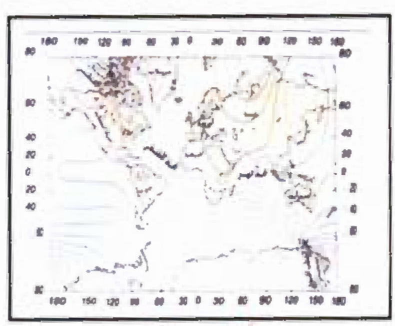
وتجمع هذه الخرائط بالإضافة إلى البيانات الكثيفة والدقيقة التي يمكن الحصول عليها من الأقمار الصناعية في المراكز الدولية للبيانات المغناطيسية وتنشر الآن



(شكل ٣١)

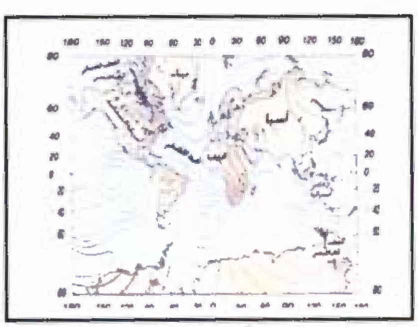
الخريطة العيارية للقوة المغناطيسية الكلية للحقبة ١٩٨٠ مرسومة على خريطة طبوغرافية لمصر

خرائط عيارية للعالم . ويبين شكل (٣٢ - أ) إحدى هذه الخرائط العيارية لزاوية الانحراف والتي تستخدم للأغراض الملاحية .



(شكل ٣٢. أ)

الخريطة العيارية لزاوية الانحراف للعالم للحقبة ١٩٩٥



(شكل ٣٢. ب)

خريطة التغير الحقبي الملازمة للخريطة (شكل ٣٢. أ)

نتيجة للتغير الحقبي فإن الخرائط المغناطيسية مثل تلك التي في الشكل (٣٢ – أ) تصبح مستهلكة بعد إصدارها وتقل قيمتها مع مرور الزمن . وللتغلب على هذه المشكلة فإن التغير الحقبي الذي يحسب في المراصد الثابتة وكذلك في بعض المناطق التي تعاد فيها الأرصاد يحلل بنفس طريقة المجال الأساسي باستخدام التحليل التوافقي للحصول على نموذج رياضي للتغير الحقبي ويبين شكل (٣٢ ــ ب) الخريطة المصاحبة للخريطة في شكل (٣٢ ــ أ) موضحًا عليها معدل تغير زاوية الانحراف خلال الفترة من ١٩٩٠ إلى ١٩٩٥ ومنه يمكن تقدير قيمة زاوية الانحراف في أي وقت خلال هذه الفترة . ونظرًا لتغير معدل التغير الحقبي من سنة إلى أخرى لذلك تعاد الحسابات لإصدار الخرائط الخاصة به أيضًا كل خمس سنوات .

****

المرجع الرياضي العالمي للمجال المغناطيسي الأرضي :

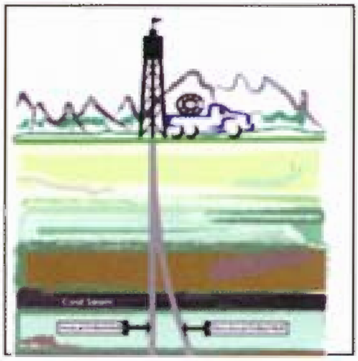
للحصول على نموذج رياضي عالمي وخرائط عالمية للمغناطيسية الأرضية يجرى تحليل رياضي توافقي وضعه جاوس سنة ١٩٣٩م ويبين وقتها أن المجال المغناطيسي الأرضي المقاس على سطح الأرض ينبع من باطنها . ويوضح (شكل ٣٢) أحد هذه الخرائط لزاوية الانحراف لسنة ١٩٩٥م . وللحصول على هذه الخرائط يتم تحليل القياسات على المستوى العالمي في نقاط قد يصل عددها إلى آلاف عديدة ، ثم تستنتج معادلات جديدة ونماذج رياضية تستخدم لإيجاد القيم فيها بين النقاط التي تم القياس فيها ،ثم توصل خطوط تساوي الشدة ، ويتم ذلك الآن باستخدام الحاسبات الآلية . وفي النهاية نحصل على قيمة المجال العياري في أي نقطة على سطح الأرض إذا علم خطوط الطول والعرض والزمن عند هذه النقطة .

استخدام النماذج المغناطيسية في الحفر الموجه :

كتطبيق حديث يرجع فيه إلى قيم المغناطيسية الأرضية هو عملية الحفر الموجه في استخراج البترول (شكل ٣٣) وهو أسلوب يستخدم للحفر الموجه في عدد من آبار البترول في نطاق كيلو مترات قليلة .

أن تكنولوجيا الحفر الموجه قد تقدمت كثيرًا ولكن نجاح العملية يعتمد على التوجيه المستمر لتوجيه بريمة الحفر ، ويستخدم المجال المغناطيسي الأرضي للحصول على هذه المعلومات حيث يسجل قراءات جهاز مغناطيسي موضوع في قطاع غير مغناطيسي للبريمة أثناء الحفر مما يساعد على تتبع المسار بناءً على أن يكون المجال المغناطيسي في موقع الحفر معلومًا بدقة عالية .

يتم حساب قيمة المجال من نموذج رياضي ويصحح دائمًا للتغير اليومي ، والنشاط المغناطيسي باستخدام بيانات مرصد مغناطيسي محلي .



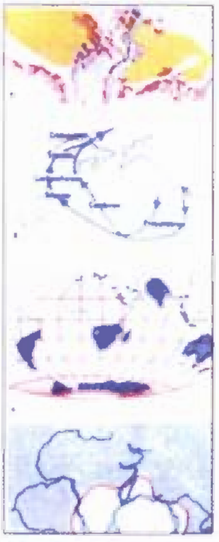
(شكل ٣٣)
استخدام النماذج المغناطيسية في الحفر الموجه لاستخراج البترول .

المغناطيسية الأرضية والنظرية التكتونية :

عندما تترسب الصخور الرسوبية تميل جزيئاتها المشتملة على معادن مغناطيسية إلى أن تستقر بحيث يتخذ محورها المغناطيسي اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي . أيضًا عندما تكون الصخور نارية فإن المعادن المغناطيسية تصبح ممغنطة في اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي – المحيط بها – أثناء برودتها تحت درجات كوري الخاصة بها . وفي كلتا الحالتين فإن دراسة الصخور تزودنا بتسجيل مستمر للمجال المغناطيسي وقت أن تم الترسيب أو التبريد على امتداد العصور



(شكل 34) انجراف القارات



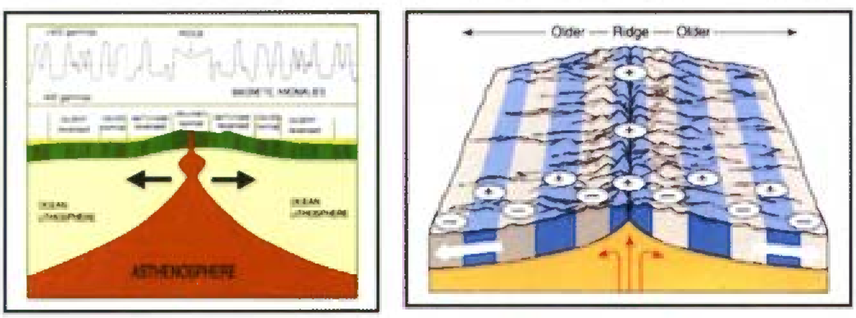
(شكل 35) تجوال القطب

الجيولوجية . وهذا هو أســاس المغناطيســية الأرضــية القديمــة ، حيــث أن المغناطيسية المسجلة في الصخور تســتخدم لاســتنتاج المجــال المغناطيســي الأرضي في الماضي السحيق . وكما ذكرنا سابقًا فإننا قد تعرفنا على انعكــاس المجال المغناطيسي من دراسات المغناطيسية الأرضية القديمة . كذلك وبفضــل دراسة المغناطيسية المحفوظة في الصخور أصبح لدينا دليلاً قويًا على انجراف القارات من بعضها البعض (شكل ٣٤) وكذلك تطور نظرية تكتونية الصفائح على النحو التالي :

* أن شكل المجال المغناطيسي الأرضي عند سطح الارض مشابه للمجــال حول قضيب مغناطيسي ذو قطبين ، وهذا المغناطيس الوهمي موضــوع تقريبــا عند مركز الأرض بحيث يميل على محور الدوران الحالي بحوالي ١١ درجــة فقط ، وبفرض أن المجال المغناطيسي الأرضي كان دائمًا مشابهًا للمجال الحالي بقطبيه ، وأن محور المغناطيس وقتها ينطبق أيضًا مــع محــور دوران الأرض تقريبا ، أصبح من الممكن استنتاج وضع الأقطاب المغناطيسية في الماضي مــن تحديد اتجاه مغنطة عينات صخرية في الأماكن المختلفة . وعندما ترسم أوضاع الأقطاب المغناطيسية الأرضية في الماضي لعينات صخور إقليم معين يتضح أن مواقع هذه الأقطاب تختلف بالنسبة للزمن وهذا مــا يســمى بتجــوال القطــب المغناطيسي الأرضي ، والاستنتاج إذا كانت الافتراضات صحيحة أن الإقليم قــد تحرك بالنسبة للأقطاب خلال الفترات التي تكونت فيها الصخور . وعندما يرسم التجوال القطبي للقارات المختلفة (شكل ٣٥) فإن جراتهم لا تتطابق مع بعضها البعض ولكن يمكننا أن نصل إلى تطابق أفضــل لهــذه الجــرات إذا افترضــنا أن القارات قد تحركت بالنسبة لبعضها البعض ، وهذا مــا أدى إلــى الاعتقــاد بانجراف القارات .

أيضًا كشـفت المســاحات المغناطيســية فــي المحيطــات -- بواســطة مغناطومترات مسحوبة وراء مراكب خاصة ـ نماذج لأشرطة مغناطيســية أن حالة المجال المغناطيسي لهذه الأشرطة متماثل حول أخاديد المحيطات كما هــو الحال حول أخدود وسط الأطلنطــي كتســجيل لمتتابعــات متعاكســة للمجــال المغناطيسي الأرضي . ويمكن تفسير هذه الهياكل بافتراض إضافة قشرة محيطية جديدة بواسطة البراكين عند الأخاديد ، تزيح القشرة على جانبي الأخــدود إلــى الجانبين مسببة انتشار أرضية المحيط بعيدة عن الأخدود بمعدل سنتيمترات قليلة لكل سنة (شكل ٣٦) . وتسجل هذه القشرة الجديدة علــى الجــانبين كشــريط تسجيل للمجال المغناطيسي الأرضي .

لقد أدى اكتشاف ظاهرة انتشار أرضية المحــيط أثنــاء برودتهــا المجــال المغناطيسي السائد في ذلك الزمن ، وتصبح صخور أرضــية المحــيط شــريط



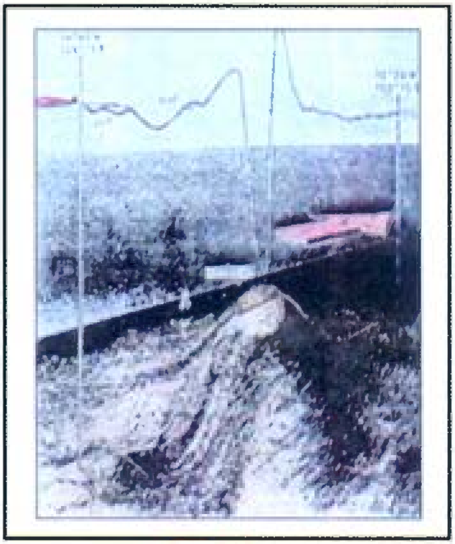
(شكل ٣٦) نموذج الانعكاس المغناطيسي حول أخدود ريكيجينس جنوب إيسلند

تسجيل للمجال المغناطيسي الأرضي .

لقد أدى اكتشاف ظاهرة انتشار أرضية المحيط إلى تطور نظرية تكتونيــة الصفائح التي تفترض أن الطبقات الخارجية للأرض تنقسم إلى صفائح تتحــرك بالنسبة لبعضها البعض . وتصادم الصفائح يؤدي إلى خلق سلسلة الجبال وحدوث البراكين وتوليد الزلازل .

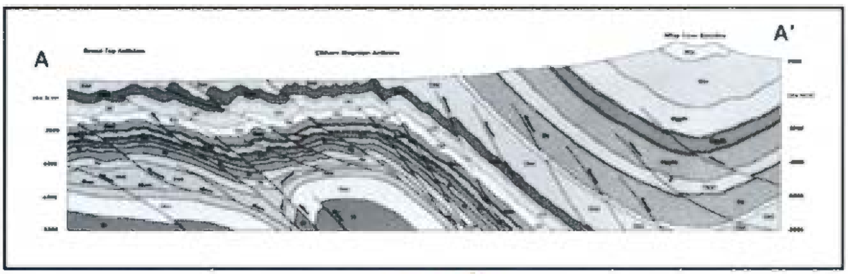
المغناطيسية الأرضية والتأويل الجيولوجي :

لقد ثبت أن مجال القشرة الأرضية المغناطيسي لا مثيل له في الكشف عن أرضية المحيطات والجبال البحرية المغمورة تحت المياه (شكل ٣٧) .



(شكل ٣٧)
الكشف عن الجبال البحرية واستخدام المساحة المغناطيسية الجوية

يرجع الفضل للقياسات المغناطيسية في شرح تطور الأرض الجيولوجي ، ولها أيضًا تطبيقًا ذات أهمية اقتصادية كبرى في الاستكشاف الجيوفيزيقي عن البترول والمعادن وحيث تستخدم الطرق الكهربية والسيسمية (الزلزالية) والجاذبية لتحديد التراكيب التحت سطحية (شكل ٣٨) في الاستكشاف الجيوفيزيقي تتسم المساحات المغناطيسية عادة بقياس المجال المغناطيسي الأرضي بواسطة الطائرات أو المراكب حيث تجر وراءها مغناطومتر بروتوني أو قياسات أرضية (شكل ٣٩ أ ، ب ، ج) .



(شكل ٣٨)
قطاع مثالي للقشرة الأرضية مبينا كيفية تجمعات الخامات المعدنية والبترول والغاز والتراكيب الجيولوجية التي تضمها .

وكل رصدة يطرح منها قيمة المجال الكلي محسوبًا من نموذج رياضي للمجال المغناطيسي الأرضي الأساسي ، ويصحح للتغير اليومي وأية اضطرابات أخرى ، وبذلك يتم عزل مجال القشرة الشاذ . وينسب نموذج المجال الشاذ إلى نوعية الصخر والتراكيب الجيولوجية لتقدير احتمال وجود المعادن المترسبة أو خزانات البترول في منطقة الدراسة ، حيث يتمكن الباحث أن يحدد عمق صخور القاع مما يساعده على تحديد امتداد الأحواض الرسوبية (شكل٤٠) .



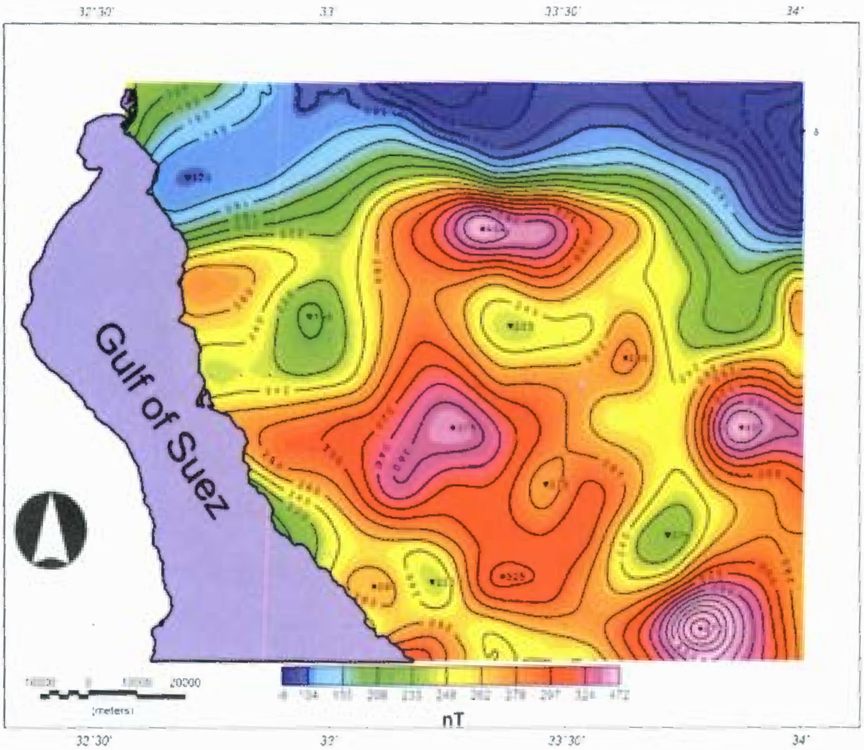
(شكل 39)

المسوحات الجيومغناطيسية

وتجدر الإشارة بأنه لا يوجد تأويل وحيد لنموذج المجال الشاذ عن نوعية الصخر أو التراكيب التحت سطحية ، وهذا يلزم إجراء تحاليل وقياسات

جيوفيزيقية أخرى مثل التثاقلية والكهربية الأرضية مما يساعد على تقبل تأويل ما أو رفض تأويل آخر .

ويساعد الكشف عن التراكيب الجيولوجية تحت السطحية إلى اختيار أنسب المواقع لإقامة الإنشاءات الصناعية والعمرانية ، حيث يقوم المهندسون باستخدام بيانات القياسات الجيوفيزيقية بوضع التصميمات الملائمة لحالة الموقع للحفاظ على سلامة المنشآت وإطالة أعمارها .



(شكل ٤٠)

خريطة مغناطيسية جوية توضح شاذا خطيا من المحتمل أن تكون بسبب بازلت ترياسي وسط صخور ضعيفة المغنطة .

الكشف عن الآثار بالطرق المغناطيسية :

وفي مجال الكشف عن الآثار تجرى مسوحات مغناطيسية تفصيلية دقيقة في المواقع المختلفة مما يؤدي إلى الكشف عن مواقع الآثار المدفونة تحت السطح ، كما تحدد بدقة امتداد هذه الآثار مما يوفر كثيرًا من تكاليف الحفر، بالإضافة إلى تحديد أماكن الحفر بما يساعد على سلامة الثروات الأثرية القومية .

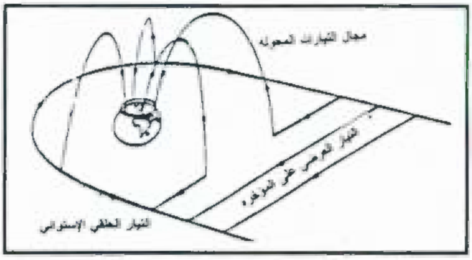
الوهج القطبي :

وهو إضاءة في الجو تشابه التفريغ الكهربائي في الغازات المخلخلة ويحدث أثناء العواصف المغناطيسية (شكل ٤١) إذ تنفذ إلكترونات الماجنيتوسفير إلى الطبقات العليا في مناطق الوهج القطبي ترسب طاقة أثناء التصادم مع الذرات والجزيئات المتعادلة مسببة إثارة وتأين ، وتطلق الذرات والجزيئات المثارة بالتبعية إشعاع كهرومغناطيسي في الطول الموجي المرئي مولدًا الوهج القطبي . ومعظم الألوان التي نشاهدها في الوهج القطبي هي الخضراء والحمراء من انتقال الطاقة في أكسجين ونيتروجين الغلاف الجوي ، والعملية مشابهة لما يحدث في الضوء الفلورسنتي .



(شكل ٤١) أقواس وهج قطبي ذات تركيب ستائري

ويتصل كهربيًا كلا من الأيونوسفير والماجنيتوسفير عبر مناطق الوهج القطبي كما هو موضح في (شكل ٤٢)



(شكل ٤٢) اتصال الأيونوسفير والماجنيتوسفير عبر مناطق الوهج القطبي

المجالات المنتجة بالتأثير :

تولد التغيرات المغناطيسية ابتداءً من التغير اليومي إلى التغيرات على مستوى الدقائق أثناء الاضطرابات ، تيارات كهربية في القشرة والمعطف . ويمكن أن نعتقد أن هذه التغيرات كما لو كانت لموجات مغناطيسية عند سطح الأرض ، ويتوقف عمق اختراق الموجات على الأرض على قوة توصيل القشرة والمعطف حيث تضمحل التغيرات ذات التردد العالي بسرعة مع العمق ، بينما تتخلل التغيرات ذات التردد المنخفض حتى المعطف ، وبتحليل استجابة الأرض للمجالات المنتحية بالتأثير لمختلف الترددات يمكن تقدير التغير في قوة التوصيل الكهربي مع العمق .

وقد تطورت تقنية الكهرومغناطيسية الأرضية لدراسة تغير قوة التوصيل الكهربي للقشرة مع العمق ، وتجرى قياسات تغير المجال المغناطيسي الأرضي والمجال الكهربي عند سطح الأرض (شكل ٤٣) . والعلاقة بين المجالات الكهربية والمغناطيسية تحكم بقوة توصيل كهربي مختلفة فإن تقنية الكهرومغناطيسية الأرضية تستخدم في الكشف عن المعادن في باطن الأرض . كما أن قوة التوصيل تتأثر بالتفليق والتشققات وبمحتوى الماء في الصخر ، ولذلك فإن اكتشاف شاذة في قوة التوصيل تساعد في تحديد التراكيب الجيولوجية ومنابع المياه .



(شكل ٤٣) قياسات باستخدام تقنية الكهرومغناطيسية

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ كَمَآ أَرۡسَلۡنَا فِيكُمۡ رَسُولٗا مِّنكُمۡ يَتۡلُواْ عَلَيۡكُمۡ ءَايَٰتِنَا
وَيُزَكِّيكُمۡ وَيُعَلِّمُكُمُ ٱلۡكِتَٰبَ وَٱلۡحِكۡمَةَ وَيُعَلِّمُكُم مَّا لَمۡ تَكُونُواْ
تَعۡلَمُونَ ﴿١٥١﴾ ﴾ سورة البقرة آية ١٥١.

صدق الله العظيم

الاهتمامات المستقبلية
للتطبيقات المغناطيسية

المغناطيسية الأرضية وبعض الظواهر البيولوجية :

اكتشف بلاكمور بجامعة هامبشير عام ١٩٧٤ بكتيريا ذات حس مغناطيسي (ماجنيتوتاكتيك) تتحرك باستشعارها في اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي . وتتركب هذه البكتيريا خلال نموها إحيائيًا (بيولوجيا) كما لو كانت من عشرين بلورة تكعيبية نقية ممغنطة حجم كل منها حوالي ٥٠ نانومتر ، ومنتظمة في مصفوفات مزدوجة الأقطاب ممتدة عبر المحور الطويل لأجسادها . ثم توالى بعد ذلك اكتشاف بكتيريا أخرى لها نفس الحس مثل الطحالب الخضراء (ماجنيتوتاكتيك) ، وترجع أهميتها إلى وجود خلايا ذات أنوية بالإضافة إلى الصفات الأخرى للخلايا ، على خلاف البكتيريا العادية .

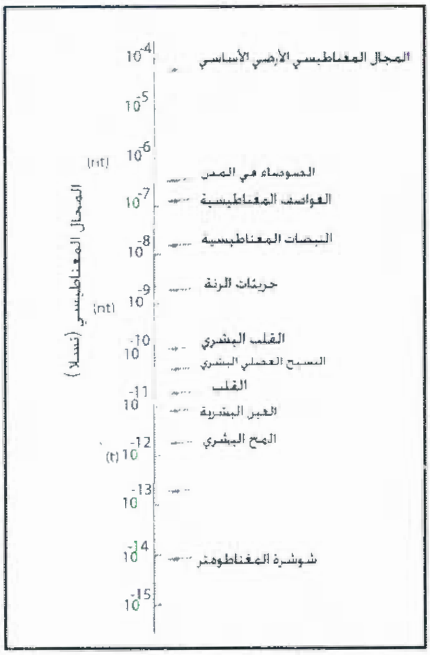
وقد قاد البحث والتنقيب عن أمثلة بيولوجية مشابهة ذات ماجنيتيت (مجموعة من أكاسيد الحديد الممغنطة Fe_3O_4) بلوري إلى اكتشافها في جوف نحل العسل ، وفي مخ الحمام الزاجل ، والتونة ، والسلاحف الخضراء ، والدولفين ، والحيتان ، وخلافه . فالنحل يأتي بحركات راقصة لوصف الأماكن التي يوجد فيها الغذاء ، وتتواءم هذه الرقصات مع اتجاه المجال المغناطيسي المحلي واتجاه الشمس . كذلك هناك دلالات على أن اتجاه طيران الطيور يتوقف على استشعارها اتجاه المجال المغناطيسي الأرضي ، ولذلك يتحوط مستخدموا الحمام الزاجل من المجالات المغناطيسية المضطربة ، التي يتعرفون عليها من برامج التنبؤ بالمجال المغناطيسي الأرضي ، لجدولة إطلاق الحمام .

كذلك اكتشف أن انحراف المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي الأرضي بمقدار ٩٠ درجة يؤدي بصغار السلامون المهاجر أن يغير اتجاه حركته بتسعين درجة .

باستعراض ما توصل إليه الباحثون من وجود الماجنيتيت في الكائنات الحية فقد وجد أن الجزيئات الممغنطة في الثدييات محاطة بنسيج عصبي ، وأن هناك إمكانية تفاعل فيما بين هذه الجزيئات والمخ .

وتوجد عينات من الأجهزة المغناطيسية التي تستخدم في الأبحاث الطبية لبيان المجالات المرتبطة بوظائف وتأدية العقل البشري .

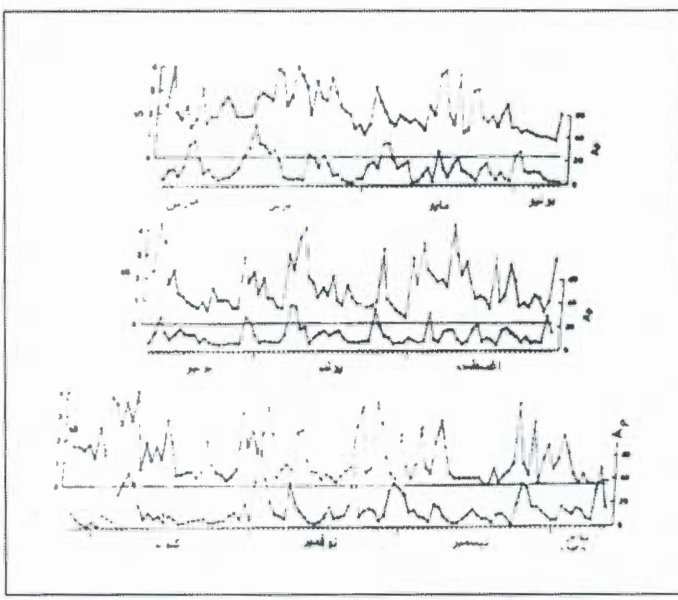
وقد حددت مساحات استجابة معينة في المخ لمعرفة وعلاج بعض الوظائف الحسية ، ونوبات الصداع ومرض الزهايمر (النسيان) ، وخلافه ، ويغطي تردد موجات المخ فقط مدى النبضات الصغرى لكل من المجال المغناطيسي الأرضي وتذبذب العواصف المغناطيسية .



(شكل ٤٤) المجالات المغناطيسية للجسم البشري مقارنة بمستويات المجال المغناطيسي الأرضي وحساسية المغناطومتر .

ويبين (شكل ٤٤) أن المجال المغناطيسي الأرضي أكبر شدة عن موجات المخ ، ولكن ما زالت إجابة السؤال حول إذا ما كانت عمليات المخ البشري تستجيب للمجالات الخارجية غير مؤكدة تمامًا .

اكتشف الماجنيتيت في التجاويف الغربالية للإنسان ، وهناك تقارير عديدة عن تأثير الاضطرابات المغناطيسية الأرضية في الإنسان ، وقد بين عدد من الباحثين صلة إحصائية بين المجموع الشهري للمقياس المغناطيسي K وعدد المقبولين في مصحتين من المصحات النفسية في سيراكوس ، نيويورك ، الولايات المتحدة . كذلك وصف عدد من الباحثين السلوك النفساني لقاطني الصحة النفسية بموسكو خلال الفترة من إبريل ١٩٧٥ حتى يناير ١٩٧٦ ، ووجدوا مقياس الاضطراب النفسي للمرضى له أيضًا صلة إحصائية مع مقياس الاضطراب المغناطيسي A_p (شكل ٤٥) .



(شكل ٤٥)

مقارنة بين المقياس المغناطيسي ومقياس السلوك النفساني في موسكو .

كذلك قرر باحثون آخرون بالنسبة لأمراض القلب أن كل من اعتلال الصحة وكذلك الوفاة تزداد إحصائيًا بزيادة الاضطرابات المغناطيسية لا سيما

في الأربعة والعشرين ساعة الأولى من بداية العواصف المغناطيسية . كذلك توصل آخرون إلى صلة إحصائية بين حدوث حالات التشنج والهلوسة مع زيادة الاضطراب المغناطيسي ، وأن نداءات سيارات الإسعاف للحالات الخاصة بالعوارض السابق ذكرها تزداد أثناء العواصف المغناطيسية .

عندما ننظر إلى التأثيرات الخاصة بين المغناطيسية الأرضية وتقلباتها على صور الحياة بيولوجيا فلابد أن نلتزم بحرص شديد في التوصل إلى نتائج مؤكدة ، لقد وجد ارتباط (عشوائي) بين متوسط سلوك المجال المغناطيسي والظواهر البيولوجية ، وبالرغم من أن هذه الصلات الاحصائية تعتبر خطوات أولية هامة إلا أنها لا تعني الترابط والملازمة الأكيدة في هذه الظواهر ، ولكن تؤخذ بالأحرى كموضوعات هامة لأبحاث مستقبلية . وأخذا بالنتائج التي أمكن الحصول عليها قرر العلماء ألا يصرفوا النظر عن مداومة الأبحاث للتوصل لحقيقة الربط بين سلوك المجال المغناطيسي الأرضي وصور الحياة .

التنبؤ بالاضطرابات الشمس – أرضية :

نظرًا للزيادة المضطردة في تطبيقات المغناطيسية الأرضية في المجالات المختلفة . فقد تطلع العالم إلى الوصول إلى تنبؤ موثوق به للمجال المغناطيسي الأرضي وما يعتريه من تغيرات . ومن حسن الحظ حاليًا أن لدينا كمًا مهولاً من البيانات المغناطيسية محفوظة في المراكز العالمية للبيانات ، مما يساعد على التوصل إلى دراسات إحصائية لسلوك المجال والحصول على نتائج دقيقة . على سبيل المثال نجد أن أيام الاضطراب المغناطيسي الزائد عن ١٠٠ نانوتسلا متاحة لأربعين سنة مضت في مواقع المراصد المغناطيسية على مستوى العالم . كذلك يمكن بيقين معقول التنبؤ بتوقيت ومستوى متوسط النشاط المغناطيسي

الأرضي الذي يتبع الدورة الشمسية لسنتها التالية . وقد نجح المتنبـؤن نجاحًـا كبيرًا في تقديرهم لمتوسط مستوى نشاط المجال المغناطيسي خلال مدة الدوران التي تلي دورة ما للشمس (أي خلال ٢٧ يومًا تلي الدورة الشمسية) ، وكـذلك لوصول أثر النشاط على حافة الشمس إلى الأرض . ولا تخفـى أهميـة هـذه التنبؤات في تصميم وسائل الحماية للأنظمة المختلفـة التـي تتـأثر بالمجـال المغناطيسي الأرضي وتقلباته .

ما زالت المشاكل وعدم التيقن قائمة عند التنبؤ بكل مـن زمـن اجتيـاح العواصف المغناطيسية وبمستوى النشاط وبمدة التقلب للأحداث الملازمة ، فـي حين أن تتبع آثار النشاط الشمسي وقذف الكتل الإكليلية أدى إلى نجـاح متنبـي البيئة الفضائية بالتنبؤ الجيد أثناء الظروف الهادئة للساعات والأيام والأسـابيع ، بل ولمدة عام أيضًا .

وقد بينـت الإحصـائيات أن دقـة التنبـؤ بالمجـال المغناطيسـي قـد بلغت ٩٧,٧% في الفترات الهادئـة مغناطيسـيًا وأثنـاء غيـاب العواصـف المغناطيسية . وترجع هذه الدقة إلى أن غالبيـة الأيـام يكـون فيهـا المجـال المغناطيسي هادئًا ، وأن الشمس الهادئة تضمن تغيـرًا بسـيطًا فـي المجـال المغناطيسي . ولهذا السبب يعول على هذا التنبؤ اختيار الأيام الملائمـة لأخـذ أرصاد القيم الأساسية بالمراصد ، والقيام بأعمال المسوحات الأرضية والبحرية والجوية ، والقياسات الخاصة بحماية خطوط الأنابيب ، وخلافـه . أمـا نسـبة صحة التنبؤ أثناء العواصف المغناطيسية لم تبلغ بعد الدرجة المطلوبة ، ويرجع ذلك إلى أنه بالرغم من أن كشف الاضطرابات الشمسية أساسي لتحـذيرنا مـن العواصف المغناطيسية ، إلا أن هناك عوامل أخرى لم يتم التوصل إليها ، تنشأ

من تفاعلات داخلية في الغلاف المغناطيسي أثناء العواصف تولد سلسلة من اضطرابات وتأثيرات غير منتظمة ويجرى العمل حاليًا لتطوير طرق الحصول على نظم تنبؤ دقيقة .

بالرغم من أن التنبؤ المستقبلي بالاضطرابات المغناطيسية يعتبر علمًا متطورًا ، إلا أن التنبؤ الآتي (تقدير دقيق لظروف الفضاء الحالية) يهم الهيئات المستفيدة أهمية بالغة حيث يعتمد العاملون في برامج الفضاء ، وتتبع الأقمار الصناعية ونظم الاتصالات ، وتوزيع القوى الكهربية ، والنظام العالمي لتحديد المواقع ، وغيرها على التنبؤ الآتي لأخذ احتياطيات الحماية مما يوفر ملايين الجنيهات للمؤسسات الحكومية والخاصة على السواء . وتعتبر بيانات المراصد المغناطيسية العالمية لا سيما مجموعة مراصد انترماجنت هي الأساس الجوهري للتنبؤ الآتي الدقيق .

وسوف تعلو دقة التنبؤ بالاضطرابات المغناطيسية بإطلاق أقمار خاصة مع مسار الرياح الشمسية . وهناك مكان يطلق عليه نقطة لاجرانجيان على بعد حوالي ١,٥× ١٠^٦ كيلو متر من سطح البحر (٢٣٥ قدر نصف الكرة الأرضية حوالي ٠,٠١ من بعد الشمس) حيث يدور القمر الصناعي حول الشمس في سنة كاملة محتفظًا بوضعه على الخط الواصل بين الشمس والأرض . وقد أُطلق في نوفمبر ١٩٩٤ أول قمر باسم وند (كلمة إنجليزية تعني رياح) لدراسة الرياح الشمسية واستغرق عامًا تقريبًا للوصول إلى مداره لاستكشاف الجزئيات والمجالات يوميًا . وأطلق في ١٩٩٧ ثاني هذه الأقمار (إن سي إي) بصدد تطور القياسات للتزود المستمر بمعلومات كاملة عن جزئيات الرياح الشمسية ومجالاتها بصفة آتية .

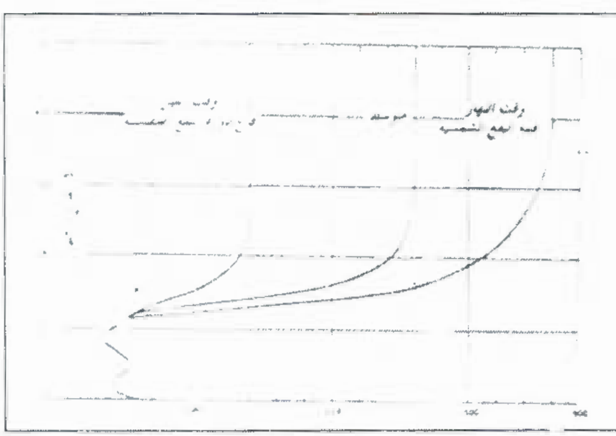
ولتعيين رد الفعل بين الغلاف المغناطيسي الأرضـــي مـــع الاضـــطرابات الشمس أرضية يلزم معرفة مكونات الرياح الشمسية آنيًا ، وسرعاتها ، واتجـــاه المجالات الناشئة وسوف تمكن بيانات هذه النوعية من الأقمار المتنبئـــين مـــن إصدار بيانات التحذير الخاصة بالعواصف المغناطيسية بمدد تتراوح بين نصف الساعة والساعة .

****

تركيب طبقات الغلاف الجوي العلوي:

يقوم علماء الأرصاد الجوية بإجراء الدراسات التفصيلية الخاصة بتركيب طبقات الغلاف الجوي القريبة من سطح الأرض ، وتغيره تبعًا للمكان والزمان . وبالرغم من قلة البيانات شيئًا فشيئًا كلما توجهنا لدراسة المستويات العليا واحدة تلو الأخرى ، إلا أن الأقمار الصناعية تزودنا الآن بمعلومات لا بأس بها تساعد على الكشف عن تركيب الغلاف الجوي حتى أبعد أهدابه .

وينقسم الغلاف الجوي بناءً على التركيب الحراري ، إلى عدد من الطبقات (شكل ٤٦) ، تمتد أولاها من سطح الأرض إلى ارتفاع حوالي عشرة كيلومترات فوق القطبين وحوالي ستة عشر كيلومتر فوق المنطقة الاستوائية ،



(شكل ٤٦)

توزيع درجات الحرارة أثناء النهار عند قمة دورة البقع الشمسية ، وأثناء الليل عند قاع دورة البقع الشمسية وأثناء متوسط الحالتين .

وهي المنطقة التي تحظى باهتمام علماء الأرصاد الجوية ، ويطلق عليها طبقة " التروبوسفير " وعلى حدها العلوي " تروبوباوزا " .

ويعلو التروبوسفير طبقة " الاستراتوسفير " يحد أعلاها " ستراتوباوزا " وبالرغم من الغموض الذي يكتنف هذا الحد إلا أننا نعتبره الحد الذي تصل درجة الحرارة عنده أقصاها عند ارتفاع حوالي ٥٠ كيلومتر من سطح الأرض .

ويعلو الاستراتوسفير طبقة الميزوسفير وحدها العلوي الميزوبوزا وتمتد طبقة الميزوسفير إلى أن تصل درجة الحرارة أدناها عند ارتفاع حوالي ٨٠ كيلو متر .

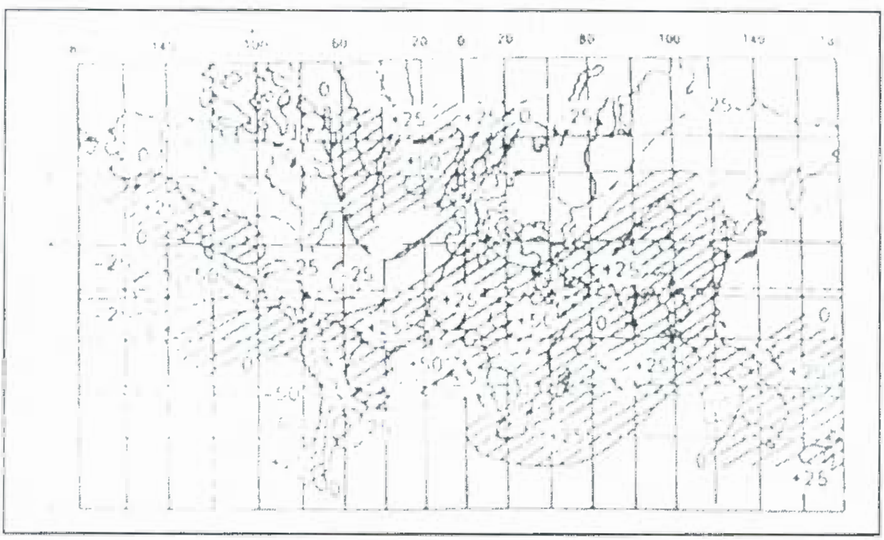
وقد يفضل البعض أن يعرف طبقة الميزوسفير بأنها المنطقة العريضة حول درجة الحرارة القصوى .

ويعلو الميزوسفير طبقة " الثيرموسفير " حيث ترتفع درجة الحرارة بمعدل سريع حتى حوالي ٢٠٠ كيلومتر ، وتبقى ثابتة فيما فوق ٤٠٠ كيلومتر ، ويذكر غالبًا منطقة أخرى يطلق عليها ال " إكسوسفير " ، وهي الجزء الأعلى من الثيروموسفير ، وتتميز بأن الغازات تكون متخلخلة لدرجة اعتبار أن التصادم بين الجزيئات المتعادلة تكاد تكون منعدمة . ويتراوح ارتفاع قاعدة الاكسوسفير من ٣٥٠ إلى ٧٠٠ كيلومتر طبقًا لدورة البقع الشمسية .

المجال المغناطيسي ومناخ الطبقات القريبة من سطح الأرض :

بينت الدراسات التي تمت في أماكن مختارة من العالم الخاصة بـالتغيرات من سنة إلى أخرى في طول الفصول الأربعة ، والمسافات البينية لحلقات جذوع الأشجار ، ودرجات الحرارة ، والضغط ومعدل سقوط الأمطار ، والعواصف الرعدية ، وجرات العواصف .. وخلافه ، وأن هذه التغيرات تتذبذب (شكل ٤٧) تبعًا للدورة الشمسية (الإحدى عشر أو ضعفها) .

ويصل متوسط درجة الحرارة السنوي في نصف الكرة الأرضية الشمالي أقلها بالقرب من النهاية القصوى لعدد البقع الشمسية ، بينما تبلغ أعلاها بالقرب من النهاية الصغرى لعدد البقع الشمسية . ويتطور ارتفاع التروبوسفير فوق منطقة غرب الباسفيك مع تطور الدورة الشمسية . كما أن معدل سقوط الأمطار في المناطق الاستوائية يزداد خلال سنوات النشاط الشمسي الأقصى .



(شكل ٤٧)

خريطة عالمية تبين اختلاف المتوسط السنوي للأمطار فيما بين بلوغ البقع الشمسية أقصاها وأوناها المناطق المخططة تمثل زيادة تساقط الأمطار عند أقصى البقع الشمسية .

كما بينت الدراسات وجود علاقة بين التغير السنوي للمجال المغناطيسي الأرضي ودرجة الحرارة على مستوى الكرة الأرضية خلال الفترة من عام ١٨٦٠ حتى عام ١٩٨٠ .

من المعلوم أن هناك علاقة وثيقة بين النشاط الشمسي والاضطرابات المغناطيسية ، وقد يكون من الممكن أن تسخين الثيرموسفير بواسطة التيارات الكهربية المتلازمة مع العواصف المغناطيسية يسبب تعديلاً للضغط الجوي على مستوى الكرة الأرضية مما قد يتسبب في تغيير حالة الجو مما قد يسبب في خسائر فادحة سواء في البحر (شكل ٤٨) أو البر ويعتبر دور ميكانيكية المغناطيسية في تعديل حالة الجو من الأبحاث النشطة في الوقت الحاضر .

وقد تأكدت بعض الارتباطات فيما بين العواصف المغناطيسية والحالة الجوية حيث وجد تكرارية حدوث تغير في الضغط بنصف الكرة الأرضية الشمالي يلي البداية المفاجئة للعواصف المغناطيسية بثلاثة أيام في فصول الشتاء . كما عرفنا أن تقاطع حدود القطاعات الشمسية (تسجل تفجيرات المجال المغناطيسي السياري عند حدود الغلاف لمغناطيسي الأرضي) يلازمه زيادة كبيرة في اضطراب المجال المغناطيسي الأرضي ، وقد وجد أن هناك نقصان مضطرد في الضغط الجوي في مناطق خطوط العرض العالية بنصف الكرة الأرضية الشمالي يلي تقاطع حدود القطاعات الشمسية بأربعة أيام



(شكل ٤٨) أثر العواصف في البحار

المجال المغناطيسي الأرضي والمناخ في الفضاء :

يعتبر اتجاه المجال المغناطيسي السياري قاطعًا في تحديد استجابة المجال المغناطيسي الأرضي للرياح الشمسية ، فإذا كان للمجال المغناطيسي السياري مركبة في اتجاه الشمال فقد تحدث اضطرابات بسيطة ، في حين أما إذا كانت له مركبة في اتجاه الجنوب فحدوث اضطرابات ذات مستو عالي احتماله أكبر . أثناء العواصف المغناطيسية تستمر حالات الاضطراب لعدة ساعات ، وفي أثناء هذا الوقت قد يتغير اتجاه البوصلة لعدة درجات ، ويتذبذب المجال بطريقة غير منتظمة على مستوى الدقائق ، وعليه فإن تسجيل الاضطرابات التي تسببها الرياح الشمسية يجعل من المراصد المغناطيسية وكأنها محطات مراصد مناخية للفضاء .

ملخص التطبيقات :

لقد اتسعت تطبيقات المغناطيسية الأرضية مع نمو مقدرة التكنولوجيا في المجتمع البشري ، ومع الزيادة المضطردة في استخدام البيئة الفضائية ، ازدادت الحاجة لكشف التغيرات في المجال المغناطيسي التي تؤثر في العمليات الخاصة بالأقمار الصناعية . كذلك تؤثر العواصف المغناطيسية الأرضية في دقة تحديد الأماكن (خطوط الطول والعرض) ، وفي نظم الاتصالات ، وفي شبكات نقل القوى الكهربائية ، وخطوط الأنابيب ، وخلافه . كذلك تعول الجيوفيزياء (علوم طبيعة الأرض) ضمن ما تعول على المجال المغناطيسي الأرضي في الكشف عن تركيب الكرة الأرضية وتطورها . وتعتبر المسوحات المغناطيسية برًا وبحرًا وجوًا من الوسائل الحيوية لاستكشاف مصادر المعادن

التحت سطحية . وما زالت الخرائط المغناطيسية تؤدي دورًا رائعًا في المناخ والتنبؤ به ووضع نماذج مناخية . وبالإضافة لذلك قد تقدم الأبحاث المتطورة في المغناطيسية الأرضية للكشف عن ظاهرة الاستقبال المغناطيسي لبعض الأحياء شرحًا للتقارير الكائنة عن الاستجابة للمجالات المغناطيسية ، وكذلك تطبيقات مستقبلية في هذا المجال بما سيعود بالنفع على المجتمع البشري .

ما زالت فيزياء مجالات الاضطرابات وظروف الجزئيات المنطلقة من الشمس إلى سطح الأرض غير تامة ، ولكن تقربنا كل سنة جديدة وكل دورة شمسية إلى تفهم أكمل للعمليات الشمس ــ أرضية ، وبالتالي إلى تطبيقات أوسع للمغناطيسية الأرضية لخدمة المجتمع البشري . ولا يغيب عنا أن التنبؤ بالاضطرابات المغناطيسية والتوصية بالتحذيرات على المستوى العالمي لسلامة الأقمار الصناعية وغيرها مما تكلمنا عنه في الفصول السابقة يستلزم احتياجًا متزايدًا للحصول على بيانات مغناطيسية دقيقة وآنية على مستوى الكرة الأرضية . وتعمل شبكة المراصد المغناطيسية القومية ، ومراكز التنبؤ بالبيئة الفضائية ، بالإضافة إلى تيسيرات المراكز الدولية للبيانات المغناطيسية بإتاحة البيانات المحفوظة لديها ، مجتمعة لتشبع احتياجات العديد من العلوم والتكنولوجيات الحالية والمستقبلية .

****

المراصد المغناطيسية فى مصر

الاهتمام بالدراسات المغناطيسية، هي إحدى المهام القومية، والاهتمامات البحثية للمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية بحلوان منذ إنشائه عام ١٩٠٣. وتقف مصر في مصاف الدول المتقدمة والرائدة التي اهتمت بظاهرة المغناطيسية الأرضية. واعتبرت من أوائل دول العالم التي سجلت المجال المغناطيسي الأرضي على أسس علمية متطورة منذ أول عهدها. ومنذ ذلك الحين وحتى اليوم، ظلت مصر تحتل مكانة مرموقة في هذا الصدد، لما يتم من تطوير مستمر للأجهزة الرصدية وللأبحاث العلمية والتطبيقية التي يقوم بها الباحث في المجال المغناطيسي الأرضي.

وفى عام ١٩٠٧ تم إنشاء أول محطة مغناطيسية بمرصد حلوان لقياس قيم المجال المغناطيسى الأرضي، بدون انقطاع وحتى عام ١٩٦٠ التاريخ الذي تم فيه كهربة خط مترو حلوان- القاهرة.

وفى نهاية عام ١٩٥٥ صارت حلوان منطقة ذات شوشرة عالية، تؤثر على القياسات المغناطيسية. ولذلك تم تشكيل فريق بحثي من المعهد مع عدد من أساتذة من الجامعات لاختيار موقع مناسب لإقامة المرصد المغناطيسي طبقا "لتوصيات الجمعية المغناطيسية الدولية، التي أصدرتها أثناء انعقاد الاتحاد الدولي للطبيعة الأرضية ومقاييس الأرض في أسلو عام ١٩٤٨ والخاصة بمواقع المراصد الجديدة ، والتى أخذت فى الاعتبار خلو مكان المرصد من الشواذ المغناطيسية المحلية، وأن يكون الموقع بعيدا" عن الامتداد العمرانى، وبعيداً عن أي إنشاءات

تسبب الشوشرة المغناطيسية. وقد أخذ الفريق البحثي في الحسبان أن يكون موقع المرصد في وسط الجمهورية ويسهل الوصول إليه.

وفى عام١٩٥٦ تم اختيار الموقع الجديد للمرصد المغناطيسي بالمسلات – محافظة الفيوم. التي تبعد عن جنوب غرب القاهرة وغرب الطريق الصحراوي الذي يصل بين القاهرة والفيوم ٧٣ كم. والموقع متجانس مغناطيسياً. وتم إنشاء المرصد بمواصفات فنية معينة، ومن مواد غير مغناطيسية. وأحيط المبنى كله بحوائط مزدوجة لتقليل معدل التغير اليومي في درجات الحرارة. وبلغت مساحة المرصد حوالي٣٠٠ متر مربع. وقد خصصت مساحة ٢٢,٥ فدان كحرم أمان حول المرصد، أقيم حولها سور مرتفع، تفادياً للآثار السلبية المتوقعة للتمدد العمراني. ووضع في ذلك الوقت عدد من المغناطومترات للقياسات المطلقة وأجهزة لتسجيل التغير النسبي بأجهزة اللاكور.

وفى خلال مارس عام ١٩٦٠ تم نقل جميع أجهزة القياس من المرصد بحلوان إلى مرصد المسلات. وبدأ العمل بمرصد المسلات المغناطيسي الجديد في إبريل عام ١٩٦٠. ويجري حاليا تسجيل العناصر المغناطيسية وهي زاوية الانحراف D والمركبة الأفقية H والمركبة الرأسية z بصفة مستمرة. وتم تطوير المرصد بإضافة أجهزة للرصد الحقلي. وتطورت الأجهزة إلى التسجيل الأوتوماتيكي. ويتم تطوير مرصد المسلات وإمداده بأحدث الأجهزة باستمرار، ليتواكب مع متطلبات التطبيقات الحديثة لقياسات المجال المغناطيسي، حيث تستخدم القياسات المغناطيسية للمرصد في التنقيب عن البترول و في الحفر الموجه. و في تحديد زاوية انحراف للمجال المغناطيسي في المطارات المدنية والعسكرية، و تحديدها للخرائط الجيولوجية و المساحية. وتعيين معدل التغير

في زاويتي ميل و انحراف المجال المغناطيسي. وكذلك في دراسة حركة وسعة دوران اللب الداخلي للأرض. و في دراسة التغيرات والظواهر الشمسية وتقلبات طبقة الأيونوسفير وتأثيرها على الاتصالات اللاسلكية والبث التليفزيوني. وكذلك الاتصالات بالأقمار الصناعية.

وفي عام ٢٠٠٤ تمت الموافقة على إنشاء مرصد مغناطيسي في جنوب مصر. وقد اختيرت مدينة أبوسمبل السياحية، التي تقع على الحدود الجنوبية لجمهورية مصر العربية،لإنشاء المرصد بها.

وعلى ذلك قام فريق بحثي من معمل المغناطيسية الأرضية باختيار أنسب المواقع لإنشاء هذا المرصد بالمواصفات التي حددتها الجمعية المغناطيسية الدولية. وتم اختيار عدة مواقع في الصحراء الغربية غرب وشرق الطريق الممتد من أسوان إلى مدينة أبو سمبل السياحية. واستقر الباحثون على اختيار موقع يبعد عن مدينة أبو سمبل السياحية ١٦ كيلومترا شرقي الطريق المؤدي من أسوان إلى مدينة أبو سمبل. ويبعد عن الطريق بحوالي ١,٥ كم. ويعتبر هذا الموقع متجانسا من الناحية المغناطيسية. وتم تزويد هذا المرصد بأحدث الأجهزة المغناطيسية بتمويل من وزارة التعاون الدولي. وقد بلغت مساحة حجرة الرصد٤٠ م٢ تقريبا. ويوجد به استراحة للسادة الباحثين. وتبلغ المساحة الكلية لمنطقة الرصد حوالي ١٥فدانا، تم إحاطتها بسور مرتفع لحمايتها من الامتدادات العمرانية.علما بأن هذا المرصد يخدم جنوب مصر وشمال السودان وشرق ليبيا.

ومنذ شهر مارس ٢٠٠٨ تم تسجيل المركبات المغناطيسية كل ثانية، وإرسالها عبر الأقمار الصناعية، لاستقبالها بمركز الشبكة القومية للمعهد بحلوان. وتم تسجيل البيانات كاملة خلال هذا الفترة.

ويسعى المعهد في المرحلة القادمة لإنشاء مراصد في شمال و جنوب سيناء، و في منطقتي السلوم، وذلك للحصول على تغطية شـــاملة لأنحـــاء الجمهوريـــة. ولدراسة تغيرات طبقة الأيونوسفير وتأثيرها علـــى الأقمـــار الصـــناعية أثنـــاء العواصف المغناطيسية. ولإعداد مجال نموذجي مرجعي للجمهوريـــة، للمســـاعدة على تطوير المجال النموذجي المرجعي لعالـــمي. و كذلك فإن المعمل يســـعى للحصول على أجهزة رصد لطبقة الأيونوسفير مثل المجســـات الأيونيـــة و رادار الأيونوسفير.

* * * * * * *

كتب مبسطة للمؤلف

- التنقيب الجو مغناطيسي .
- التنقيب بالطرق الكهربية .
- التنقيب بطرق الجاذبية الأرضية .
- الزلازل والتنقيب السيزمي .
- قصة الكرة الأرضية .
- عمر الكرة الأرضية .
- المغناطيسية الأرضية وتطبيقاتها الحديثة .
- الطاقة الشمسية في خدمة أمان ورفاهية الإنسان .
- الطاقة الحرارية الأرضية متاعًا للبشرية .
- النشاط الشمسي وأثره في الكرة الأرضية .
- تاريخ المغناطيسية الأرضية .
- الرياح بشرى ومصدر متجدد للطاقة .
- مساهمة العلم في تطور وسائل النقل وتوفير الطاقة .
- الانحباس الحراري أسبابه ، وتأثيراته المتوقعة ، ومواجهته .

****

المؤلف في سطور

أ.د. حنفي علي دعبس

حصل على بكارلوريوس العلوم عام ١٩٦١ من جامعة القاهرة . ثم دكتوراه عام ١٩٧٠ في فلسفة العلوم في الجيوفيزياء من الأكاديمية التشيكوسلوفاكية.

تدرج في الوظائف العلمية بالمعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية حتى أستاذ باحث عام ١٩٨٠م ، فعين رئيسًا لقسم المغناطيسية والتثاقلية والكهربية الأرضية (١٩٨٠ ـ ١٩٨٦) ثم نائبًا لرئيس المعهد (١٩٨٦ـ١٩٩٥) ثم رئيسًا للمعهد (١٩٩٥ـ١٩٩٧) ثم أستاذ باحث متفرغ (١٩٩٧ـ٢٠٠٧) ، ثم أستاذ باحث غير متفرغ حتى الآن .

وشغل رئاسة وعضوية مجلس إدارة المهد ، ورئاسة وعضوية اللجنة العلمية الدائمة للترقية إلى درجة أستاذ مساعد وأستاذ ، ورئيس وعضوية مجموعة عمل المجالات الداخلية والخارجية المنبثقة من IAGA ، وعضوية كل من مجلس غدارة الجمعية الجيوفيزيقية المصرية ، واللجنة القومية للطبيعة الأرضية ، والأمانة الفنية ، والمكتب الفني لرئيس أكاديمية البحث العلمي ، والمجلس الأعلى لمراكز ومعاهد البحوث .

في مجالات البحث العلمي وتطبيقاته نشر العديد من البحوث العلمية والكتب في مجال الجيوفيزياء ، ويندب للتدريس في الجامعات ، ويشرف على المشروعات البحثية والتطبيقية ، والعديد من رسائل الماجستير والدكتوراه .

ويمثل مصر في العديد من المؤتمرات والاجتماعات الدولية في مجال الجيوفيزياء المختلفة والمؤتمرات الخاصة بأبحاث العلاقات الشمس أرضية .

الفهرس